



**TUGAS AKHIR - TF 141581**

**PREDIKSI KEDALAMAN LAPISAN BATUAN  
GAMPING DI AREA SELAT SUNDA UTARA  
MENGUNAKAN *MULTILAYER PERCEPTRON  
DUELIST ALGORTIHM***

**VERDANA MARCHIAN ILHAM PUTRA AL AMIN**  
NRP. 2413 100 031

Dosen Pembimbing  
Totok Ruki Biyanto, S.T., M.T., Ph.D.  
Dr. Katherin Indriawati, S.T., M.T.

DEPARTEMENT TEKNIK FISIKA  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017





**FINAL PROJECT - TF 141581**

**DEPTH PREDICTION OF LIMESTONE ROCK  
LAYERS IN STRAIT NORTH SUNDA AREA  
USING THE MULTILAYER PERCEPTRON  
DUELIST ALGORITHM**

**VERDANA MARCHIAN ILHAM PUTRA AL AMIN**  
NRP. 2413 100 031

*Supervisor*  
Totok Ruki Biyanto, S.T., M.T., Ph.D.  
Dr. Katherin Indriawati, S.T., M.T.

DEPARTMENT OF ENGINEERING PHYSICS  
Faculty of Industrial Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



**LEMBAR PENGESAHAN  
TUGAS AKHIR**

**PREDIKSI KEDALAMAN LAPISAN BATUAN GAMPING  
DI AREA SELAT SUNDA UTARA MENGGUNAKAN  
MULTILAYER PERCEPTRON DUELIST ALGORTIHM**

Oleh :

**Verdana Marchian Ilham Putra Al Amin**  
NRP : 2413 100 031


Surabaya, 24 Januari 2016  
Mengetahui/Menyetujui

Pembimbing I



**Tutuk Ruki Biyanto, S.T., M.T., Ph.D**  
NIPN. 19710702 199802 1 001

Pembimbing II



**Dr. Katherin Indriawati, S.T., M.T.,**  
NIP. 19760523 200012 2 001

Ketua Departemen  
Teknik Fisika FTI-ITS



**Arus Muhammad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D**  
NIPN. 19780902 200312 1 002



## LEMBAR PENGESAHAN

### **PREDIKSI KEDALAMAN LAPISAN BATUAN GAMPING DI AREA SELAT SUNDA UTARA MENGGUNAKAN MULTILAYER PERCEPTRON DUELIST ALGORTIHM**

#### **TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Rekayasa Instrumentasi  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Fisika  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**VERDANA MARCHIAN ILHAM PUTRA AL AMIN**  
NRP. 2413100031

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Totok Ruki Biyanto, S.T., M.T., Ph.D. (Pembimbing I)
2. Dr. Katherin Indriawati, S.T., M.T. (Pembimbing II)
3. Prof. Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, M.T. (Penguji I)
4. Hendra Cordova S.T., M.T. (Penguji II)
5. Bagus Tris Atmaja, S.T., M.T. (Penguji III)

**SURABAYA**  
**JANUARI, 2017**





# **PREDIKSI KEDALAMAN LAPISAN BATUAN GAMPING DI AREA SELAT SUNDA UTARA MENGGUNAKAN MULTILAYER PERCEPTRON DUELIST ALGORTIHM**

**Nama Mahasiswa** : Verdana Marchian Ilham Putra Al  
Amin  
**NRP** : 2413 100 031  
**Jurusan** : Teknik Fisika FTI-ITS  
**Dosen Pembimbing** :1. Totok Ruki Biyanto, S.T., M.,T, Ph.D  
2. Dr. Katherin Indriawati, ST., M.T.

## **Abstrak**

Eksplorasi minyak bumi selalu dioperasikan pada lapisan batuan pasir yang semakin hari kian menipis. Batuan gamping dapat mengandung minyak bumi hingga 50%. Sumur Indri A-1 Maxusu sebagai sumur latih dan sumur Widuri A-1 Maxusu sebagai sumur uji di Area Selat Sunda Utara. Data *logging* pada sumur latih diolah menggunakan beberapa metode. Metode uji multikoliniearitas digunakan untuk mengetahui variabel yang mengalami multikoliniearitas dan diatasi dengan metode PCA-PLS. Didapatkan 8 variabel yang tidak multikoliniearitas, yaitu ILD, ILM, SFLU, SP, CALI, RHOB, DEPT, dan GR. Pada sumur uji, terdapat 2 variabel yang tidak ada, yaitu SP dan SFLU. Sehingga, dilakukan normalisasi data dengan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan arsitektur *Multilayer Perceptron* Levenberg Marquadt. Data yang sudah lengkap ini dilatih untuk mendapatkan hasil kedalaman batuan gamping yang divalidasi dengan menggunakan Log *image*. Dari hasil prediksi, didapatkan koefisien korelasi sebesar 0,327 terhadap kedalaman lapisan batuan gamping dengan titik terdalam 1276 – 1288 ft. Kemudian, dibandingkan dengan menggunakan 2 *hidden node* antara metode *update* bobot LM dengan *Duelist Algorithm*. DA dapat menghasilkan bobot hingga RMSE sebesar 0,11, sedangkan dengan LM sebesar 0,257464.

**Kata kunci : Batuan gamping, Jaringan Syaraf Tiruan,  
Prediksi kedalaman, *Duelist Algorithm***

# **DEPTH PREDICTION OF LIMESTONE ROCK LAYERS IN STRAIT NORTH SUNDA AREA USING THE MULTILAYER PERCEPTRON DUELIST ALGORITHM**

**Name** : *Verdana Marchian Ilham Putra Al Amin*  
**NRP** : *2413 100 031*  
**Department** : *Department of Engineering Physics*  
**Supervisor** : *1. Totok Ruki Biyanto, PhD*  
*2. Dr. Katherin Indriawati, ST., MT.*

## **Abstract**

*Petroleum exploration has always operated on a layer of sandstone, but the more days the thinning. Limestone may contain petroleum by 50%. Indri A-1 Maxusu well as well trained and Widuri A-1 Maxusu well as test well in the North Sunda Strait Area. Data logging on well trained processed using several methods. Multikolinierity test method used to determine which variables are experiencing multikolinierity and solved with PCA-PLS. Obtained 8 multikolinierity variables, that is ILD, ILM, SFLU, SP, CALI, RHOB, DEPT, and GR. In the test well, there are 2 variables that do not exist, namely SP and SFLU. Thus, normalization of data by using artificial neural network Multilayer Perceptron architecture Levenberg Marquadt. The complete data are trained to get the depth of limestone were validated by using the Log image. From the predicted results, obtained correlation coefficient of 0.327 against the limestone rock layer depth with the deepest point of 1276 to 1288 ft. Then, as compared with using a hidden node 2 between weights update method with Duelist LM Algorithm. DA can produce a weight of up RMSE of 0.11, while the LM amounted to 0.257464.*

**Keywords:** *Limestone rocks, Neural Network, Prediction depth, Duelist Algorithm*



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan hikmat-Nya sehingga penulis diberikan kesehatan, kemudahan dan kelancaran dalam menyusun laporan tugas akhir ini. Oleh karena dukungan dari beberapa pihak pula, penulis mampu menyusun laporan tugas akhir yang berjudul:

### **“PREDIKSI KEDALAMAN LAPISAN BATUAN GAMPING DI AREA SELAT SUNDA UTARA MENGUNAKAN *MULTILAYER PERCEPTRON DUELIST ALGORTIHM*”**

Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan akademik yang harus dipenuhi dalam Program Studi S-1 Teknik Fisika FTI-ITS. Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D selaku Ketua Departemen Teknik Fisika ITS.
2. Bapak Totok Ruki Biyanto, S.T., M.T., Ph.D selaku dosen pembimbing I tugas akhir ini yang selalu memberikan motivasi dan ide ide baru.
3. Ibu Dr. Katherin Indriawati, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing II tugas akhir ini yang selalu memberikan dukungan.
4. Bapak Detak Yan Pratama, S.T., M.Sc. selaku dosen wali penulis.
5. Segenap Bapak/Ibu Dosen Pengajar Teknik Fisika ITS.
6. Bapak Aminatam dan Ibu Arin Mucharromah selaku orang tua yang telah memberikan dukungan penuh mulai do'a, dana dan motivasi dalam kondisi apapun.
7. Nada dan Noval selaku adik kandung yang selalu menghibur penulis di saat lelah dan *low motivation*.

8. Eka selaku saudara laki-laki yang telah membantu memberikan ilmu pengetahuan tentang batuan-batuan dan variabel *well logging*.
9. Segenap keluarga besar penulis yang telah memberikan dukungan, doa dan motivasi terhadap penyelesaian tugas akhir ini.
10. Selina Dwi Susanti selaku teman terdekat yang telah memberikan do'a, motivasi dan dukungan kepada penulis.
11. Mas Roy yang telah memberikan nasihat kepada panulis.
12. Januar Ananta, Irvandhi Hito dan Faishal Defia selaku teman laboratorium yang selalu mengajak penulis untuk senantiasa mengaji dan shalat tepat waktu ketika sibuk mengerjakan tugas akhir.
13. Teman-teman pejuang TW 115 yang telah memberikan semangat dan dukungan.
14. Departemen Internal 15/16 dan 16/17 yang selalu memberikan dukungan dan semangat.
15. Teman-teman asisten laboratorium yang telah memberikan semangat kepada penulis atas penyelesaian tugas akhir ini.
16. Rekan-rekan F48 dan warga Teknik Fisika - ITS, yang senantiasa memberikan motivasi dan perhatian.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam laporan kali ini. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan saran yang membangun demi kesempurnaan dan kebaikan laporan ini. Semoga laporan ini dapat berguna dan bermanfaat bagi penulis dan pihak yang membacanya.

Surabaya, 24 Januari 2016

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>v</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>vii</b>
<b>Abstrak .....</b>	<b>ix</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>xi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xix</b>
<b>DAFTAR NOTASI.....</b>	<b>xxi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan .....	2
1.4. Lingkup Kajian.....	2
1.5. Sistematika Laporan .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1. Proses Terbentuknya Minyak Bumi .....</b>	<b>5</b>
<b>2.2. Well Logging.....</b>	<b>6</b>
2.2.1. Log Gamma Ray (GR).....	8
2.2.2. Log Densitas (RHOB) .....	11
2.2.3. Log Caliper (CALI) .....	11
2.2.4. Resistivity Log (ILD/ILM) .....	14
2.2.5. Micro Spherical Focised Log (MSFL) .....	14
2.2.6. Spontaneous Potential.....	15
<b>2.3. Multikolinearitas .....</b>	<b>16</b>
<b>2.4. Regresi .....</b>	<b>18</b>
<b>2.5. Metode Principal Component Analysis (PCA) .....</b>	<b>18</b>
<b>2.6. Metode Partial least squares (PLS) .....</b>	<b>19</b>
<b>2.7. Jaringan Syaraf Tiruan.....</b>	<b>20</b>
<b>2.8. Batu Gamping (Limestone).....</b>	<b>23</b>
<b>2.9. Duelist Algorithm .....</b>	<b>25</b>
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>25</b>
<b>3.1. Pengumpulan Data Log Sumur .....</b>	<b>27</b>
<b>3.2. Analisis Multikoliniearitas .....</b>	<b>28</b>

<b>3.3. Recovery Data yang Hilang dengan Jaringan Syaraf Tiruan Lavenberg Marquadt .....</b>	<b>29</b>
<b>3.4. Prediksi Kedalaman Lapisan Batuan Gamping .....</b>	<b>29</b>
<b>3.5. Pencarian Bobot Terbaik antara metode Levenberg Marquardt dengan Duelist Algorithm .....</b>	<b>29</b>
<b>3.6. Validasi dengan Log image .....</b>	<b>30</b>
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>33</b>
<b>4.1. Analisis Multikolinieritas .....</b>	<b>33</b>
<b>4.2. PCA – PLS .....</b>	<b>35</b>
4.2.1 Zonasi .....	35
4.2.2 Hasil PCA.....	38
4.2.3 Hasil PLS.....	53
<b>4.3. Recovery Data yang Hilang dengan Jaringan Syaraf Tiruan.....</b>	<b>64</b>
<b>4.4. Prediksi Kedalaman Lapisan Batuan Gamping .....</b>	<b>65</b>
<b>4.5. Pencarian Bobot Terbaik antara metode Levenberg Marquardt dengan Duelist Algorithm .....</b>	<b>67</b>
<b>4.6. Validasi dengan Menggunakan Log image .....</b>	<b>69</b>
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>73</b>
<b>5.1 Kesimpulan .....</b>	<b>73</b>
<b>5.2. Saran.....</b>	<b>73</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>75</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>79</b>
<b>BIODATA PENULIS.....</b>	<b>99</b>



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> Well logging [8] .....	7
<b>Gambar 2. 2</b> Hasil Well logging [9] .....	8
<b>Gambar 2. 3</b> Skema Gamma Ray Scintillator Detector [9] .....	9
<b>Gambar 2. 4</b> Pembacaan GR Setiap Litologi [10] .....	10
<b>Gambar 2. 5</b> Skema Log Caliper [10] .....	12
<b>Gambar 2. 6</b> Hasil Caliper Log [10] .....	13
<b>Gambar 2. 7</b> MSFL tool [15] .....	15
<b>Gambar 2. 8</b> SP log tool [16] .....	16
<b>Gambar 2. 9</b> Arsitektur Multilayer Perceptron [24] .....	21
<b>Gambar 2. 10</b> Batu Gamping ( <i>Limestone</i> ) [26] .....	23
<b>Gambar 2. 11</b> Tekstur Batuan Karbonat di Bawah Permukaan Laut [27] .....	24
<b>Gambar 2. 12</b> Permeabilitas Beberapa Litologi Batuan [27] .....	25
<b>Gambar 2. 13</b> Flowchart Duelist Algorithm [28] .....	27
<b>Gambar 3. 1</b> Diagram Alir Penelitian .....	26
<b>Gambar 4. 1</b> Hasil Zonasi .....	36
<b>Gambar 4. 2</b> PCA Zonasi 1 .....	38
<b>Gambar 4. 3</b> Scatter Plot Zonasi 1 .....	39
<b>Gambar 4. 4</b> PCA Zonasi 2 .....	40
<b>Gambar 4. 5</b> Scatter Plot Zonasi 2 .....	41
<b>Gambar 4. 6</b> PCA Zonasi 3 .....	42
<b>Gambar 4. 7</b> Scatter Plot Zonasi 3 .....	43
<b>Gambar 4. 8</b> PCA Zonasi 4 .....	44
<b>Gambar 4. 9</b> Scatter Plot Zonasi 4 .....	45
<b>Gambar 4. 10</b> PCA Zonasi 5 .....	46
<b>Gambar 4. 11</b> Scatter Plot Zonasi 5 .....	47
<b>Gambar 4. 12</b> PCA Zonasi 6 .....	48
<b>Gambar 4. 13</b> PCA Zonasi 7 .....	49
<b>Gambar 4. 14</b> Data Zonasi 7 yang Fluktuatif .....	50
<b>Gambar 4. 15</b> PCA Zonasi 8 .....	51
<b>Gambar 4. 16</b> Scatter Plot Zonasi 8 .....	52
<b>Gambar 4. 17</b> PLS Zonasi 1 .....	55

<b>Gambar 4. 18</b> PLS Zonasi 2 .....	56
<b>Gambar 4. 19</b> PLS Zonasi 3 .....	57
<b>Gambar 4. 20</b> PLS Zonasi 4 .....	58
<b>Gambar 4. 21</b> PLS Zonasi 5 .....	59
<b>Gambar 4. 22</b> PLS Zonasi 6 .....	60
<b>Gambar 4. 23</b> PLS Zonasi 7 .....	61
<b>Gambar 4. 24</b> PLS Zonasi 8 .....	62
<b>Gambar 4. 25</b> Variabel-variabel yang Tidak Mengalami Multikolinier .....	64
<b>Gambar 4. 26</b> Hasil Training Pada Sumur Latih .....	65
<b>Gambar 4. 27</b> Arsitektur JST pada Tugas Akhir ini .....	66
<b>Gambar 4. 28</b> Banyak Hidden Node Terhadap RMSE.....	66
<b>Gambar 4. 29</b> Hasil Prediksi Kedalaman Lapisan Batuan Gamping.....	67
<b>Gambar 4. 30</b> Hasil Optimisasi Bobot dengan 2 Hidden Node .	68
<b>Gambar 4. 31</b> Log image .....	69

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Interpretasi Gamma Ray tiap Litologi [11] .....	9
<b>Tabel 2. 2</b> Densitas setiap lapisan litologi [11] .....	11
<b>Tabel 2. 3</b> Resistivitas Setiap Litologi Batuan [12].....	14
<b>Tabel 3. 1</b> Data Variabel Sumur [29] .....	28
<b>Tabel 4. 1</b> Hasil Uji Multikolinieritas pada Variabel yang Dimiliki Sumur Latih .....	34
<b>Tabel 4. 2</b> Rekapitulasi Hasil PCA pada Sumur Latih .....	53
<b>Tabel 4. 3</b> Hasil Praproses Data PCA-PLS .....	63
<b>Tabel 4. 4</b> Hasil uji JST untuk prediksi posisi batu-pasir .....	70
<b>Tabel 4. 5</b> Hasil Prediksi Kedalaman Lapisan Batuan Gamping	71



## DAFTAR NOTASI

Notasi	Nama	Satuan
W	Bobot lapisan input JST	-
V	Bobot lapisan tersembunyi JST	-
Y	Nilai keluaran JST	-
X	Nilai masukan JST	-
P	Vektor input	-
T	Target	-
Q	Vektor pasangan input-target	-
R	Jumlah variabel input JST	-
S	Jumlah variabel target JST	-
GR	Nilai log <i>gamma ray</i>	API
Vsh	Volume <i>shale</i>	fraksi desimal
P	Densitas lapisan	g/cc
R	Regresi	-
Dept	Kedalaman lapisan	feet
SP	Log <i>spontaneus potential</i>	mv
CALI	Log <i>caliper</i>	inch
ILM	<i>Induction Log Medium Resistivity</i>	ohmm
MSFL	Log <i>micro spherically focused</i>	ohmm
RHOB	Log <i>density</i>	g/cc
NPHI	Log porositas neutron	%
ILD	<i>Induction deep resistivity</i>	ohmm



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Untuk mengetahui adanya kandungan minyak bumi, diperlukan proses analisis terhadap lapisan bumi tersebut salah satunya dengan cara *Well logging*. *Well logging* adalah data rekaman parameter-parameter fisika dalam lubang bor terhadap kedalaman sumur. Data *logging* tersebut dapat dikonversi untuk memberikan informasi secara kualitatif maupun kuantitatif tentang formasi batuan pada sumur dan jumlah cadangan minyak bumi yang dapat diproduksi [1].

Lebih dari 60% dari minyak dunia dan 40% dari cadangan gas dunia berada pada batuan karbonat. [2]. Batuan karbonat adalah batuan sedimen yang terdiri dari garam karbonat. Batuan karbonat adalah gamping (*limestone*) dan *dolomite* [3].

Di Indonesia, jenis dari batuan sedimen yang banyak menjadi reservoir minyak dan gas adalah *limestone* (batu kapur) dan *sandstone* (batu pasir). *Limestone* adalah batuan sedimen yang sebagian besar tersusun atas kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) [4]. Lebih tepatnya 50% tersusun atas *carbonat* atau *calcite*. Di sisi lain, *limestone* yang termasuk ke dalam batuan karbonat memiliki tingkat kompleksitas dan porositas yang bermacam-macam, sehingga hal ini susah untuk dikarakterisasikan, namun peluang akan adanya hidrokarbon dalam lapisan batuan gamping tersebut sebesar 2/3 nya. Penelitian sebelumnya tentang *limestone* reservoir di Indonesia menunjukkan bahwa pada tahun 1993 ditemukan *well* pada lapisan *limestone* dengan laju produksi rata-rata 6000 BOPD di 23 km dari Bula, Kepulauan Seram. Kemudian, pada Agustus 1998, dilakukan pengeboran *well* pada lapisan *limestone* yang memiliki laju produksi rata-rata 6377 BOPD dan 1,1 MMscf/D gas di luar interval 2067-2156 m [5].

Reservoir batuan karbonat memiliki heterogenitas dari sifat batu reservoir adalah suatu kompleksitas mendasar yang memengaruhi produksi efektif dari hidrokarbon [6].

Melihat permasalahan dalam prediksi *oil reservoir* pada lapisan batuan gamping (*limestone*) ini, maka diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai prediksi kedalaman batuan gamping (*limestone*) dengan menggunakan pra proses data metode PCA-PLS yang kemudian diolah lebih lanjut dengan Jaringan Syaraf Tiruan dan optimisasi menggunakan *Duelist Algorithm*.

### 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka permasalahan yang akan diangkat dalam tugas akhir ini yaitu :

- a. Bagaimana memprediksi kedalaman lapisan batuan gamping dengan *Multilayer Perceptron Duelist Algorithm*.
- b. Bagaimana mendapatkan hasil RMSE yang terkecil dari jaringan syaraf tiruan antara metode update bobot Levenberg Marquardt dan *Duelist Algorithm*.

### 1.3. Tujuan

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Memprediksi kedalaman lapisan batuan gamping dengan *Multilayer Perceptron Duelist Algorithm*.
- b. Mendapatkan hasil RMSE yang terkecil dari jaringan syaraf tiruan antara metode update bobot Levenberg Marquardt dan *Duelist Algorithm*.

### 1.4. Lingkup Kajian

Adapun lingkup kajian yang digunakan pada penelitian ini, yaitu:

- a. Pemrosesan data pada salah satu sumur di Selat Sunda Utara Area, yaitu *well* INDRI A-1 MAXUSU (sebagai sumur latih) dan Widuri A-1 Maxusu (sebagai sumur uji) menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan.
- b. Pemrosesan data dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan untuk memprediksi kedalaman batuan gamping.
- c. Data yang diolah merupakan data *Well logging* berupa kurva log di Selat Sunda Utara Area.yang sudah menjadi data digital.
- d. 2 *hidden node* digunakan sebagai sampel dalam mendapatkan bobot terbaik pada *hidden layer* dan *output layer* antara



metode *update* bobot levenberg marquardt dengan *Duelist Algorithm*.

### **1.5. Sistematika Laporan**

Secara sistematis, laporan tugas akhir ini tersusun dalam lima bab dengan penjelasan sebagai berikut :

#### **BAB I Pendahuluan**

Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, lingkup kerja, dan sistematika laporan dari tugas akhir.

#### **BAB II Tinjauan Pustaka**

Bab ini berisi tentang teori-teori yang mendasari penelitian. Teori tersebut diantaranya meliputi proses pembentukan minyak bumi, *Well logging*, variabel-variabel yang dipakai dalam penelitian ini, multikolinearitas, hingga metode-metode yang akan digunakan dalam penyelesaian penelitian ini yaitu metode PCA, PLS, JST dan *Duelist Algorithm*.

#### **BAB III Metodologi Penelitian**

Pada bab ini dijelaskan tentang langkah-langkah dan tahapan penelitian dimulai dari pengumpulan data berupa data log dari sumur, analisis multikolinearitas data, pra-proses PCA-PLS untuk mencari hubungan antar variabel, kemudian dilakukan normalisasi data yang hilang dengan arsitektur *Multilayer Perceptron* JST dan *Duelist Algorithm* untuk memprediksi kedalaman batuan gamping.

#### **BAB IV Analisis Data dan Pembahasan**

Bab ini menunjukkan data beserta analisis dan pembahasan yang telah diperoleh selama pengerjaan penelitian.

#### **BAB V Kesimpulan dan Saran**

Bab ini memaparkan kesimpulan dan saran terkait dengan tugas akhir yang telah dilaksanakan.

Halaman ini sengaja diksongkan

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Proses Terbentuknya Minyak Bumi**

Migas (*oil and gas*) atau dengan satu istilah ilmiah secara umum disebut petroleum merupakan kompleks hidrokarbon (senyawa dari unsur kimia hidrogen dan karbon) yang terjadi secara alamiah dan terperangkap dalam batuan kerak bumi. Wujudnya dalam bentuk bermacam-macam dari padat, cair, atau gas. Bentuk hidrokarbon padat dikenal sebagai aspal, bitumen, tar dan sebagainya. Bentuk hidrokarbon cair dikenal sebagai minyak mentah dan dalam bentuk wujud gas adalah gas alam.

Proses pembentukan minyak dan gas dihasilkan dari pembusukan organisme yang mayoritas tumbuhan laut (terutama ganggang dan tumbuhan sejenis) dan juga binatang kecil seperti ikan, yang terkubur dalam lumpur yang berubah menjadi bebatuan. Proses pemanasan dan tekanan di lapisan-lapisan bumi membantu proses terjadinya minyak dan gas bumi.

Minyak bumi dan gas yang membusuk berpindah dari lokasi awal dan terperangkap pada struktur tertentu. Lokasi awal proses pembusukan telah mengeras, setelah itu lumpur berubah menjadi bebatuan. Minyak dan gas berpindah dari lokasi yang lebih dalam menuju bebatuan yang cocok. Tempat ini biasanya berupa bebatuan pasir yang berporos (berlubang-lubang kecil) atau juga batu kapur dan patahan yang terbentuk dari aktifitas gunung berapi yang bisa berpeluang menyimpan minyak. Hal yang terpenting adalah bagian atas dari bebatuan tempat tersimpannya minyak ini tertutup lapisan bebatuan kedap. Minyak dan gas ini biasanya berada dalam tekanan dan akan keluar ke permukaan bumi. Hal ini dapat terjadi dikarenakan pergerakan alami sebagian lapisan permukaan bumi atau dengan penetrasi pengeboran. Bila tekanan cukup tinggi, maka minyak dan gas akan keluar ke permukaan dengan sendirinya, tetapi jika tekanan tak cukup maka diperlukan pompa untuk mengeluarkannya.

Tidak semua tempat di dalam bumi dapat menyimpan migas, akan tetapi memiliki aturan dan tatanan *geologi* tertentu, sehingga

dapat menjadi migas. Begitupun posisi kedalamannya, mulai dekat sekali dengan permukaan bumi bahkan sebagian dapat diperlihatkan adanya rembesannya secara langsung di permukaan sampai kedalaman ratusan bahkan ribuan kilometer didalam bumi.

Untuk mengetahui kemungkinan suatu daerah memiliki cadangan migas, para ahli *geologi* dapat mengetahui dari hubungan yang erat antara lokasi geografis dengan tatanan *geologi* daerah tersebut khususnya daerah yang memiliki batuan sedimen, yang harus dipenuhi untuk terjadinya minyak bumi adalah ;

- a. Adanya batuan induk, yakni batuan yang terbentuk dari unsur sedimen yang memiliki banyak unsur organik, melalui proses jutaan tahun yang lampau. Dengan proses *geologi* tertentu disertai dengan perubahan tekanan dan temperatur, terjadilah suatu proses konversi menjadi bahan hidrokarbon.
- b. Adanya batuan reservoir, yakni batuan yang berfungsi sebagai tempat terakumulasinya minyak bumi. Biasanya batuan yang memiliki sifat poros dan permeabel. Misalkan batu pasir (*sandstone*) atau batu gamping (*limestone*).
- c. Adanya lapisan penutup, yakni batuan yang bersifat impermeabel atau kedap air. Sehingga dengan adanya lapisan penutup tersebut minyak akan terperangkap [7].

## 2.2. Well Logging

*Well-Logging* adalah teknik pengambilan data karakteristik suatu batuan dalam sebuah lubang sumur. Data yang diperoleh dapat digunakan untuk menghitung porositas, permeabilitas, saturasi, memperkirakan jumlah kandungan fluida, dan lainnya. Secara spesifik, tujuan kegiatan *well-logging* adalah :

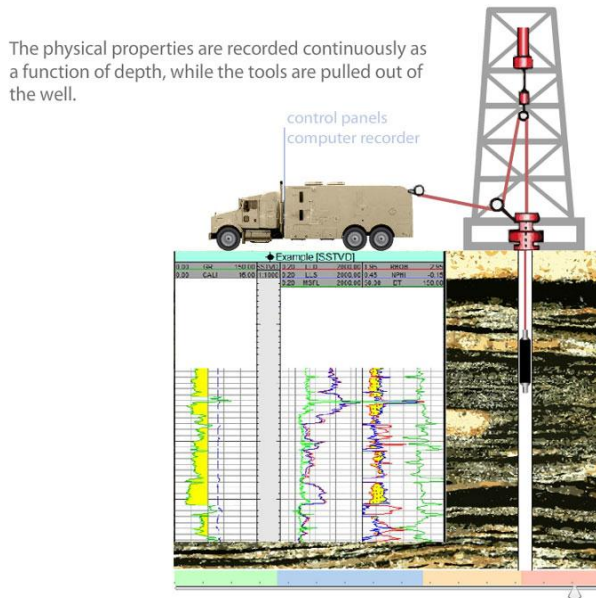
- a. Menentukan ada tidaknya hidrokarbon  
Hal yang pertama kali dilakukan adalah menentukan keberadaan hidrokarbon di formasi batuan tersebut, setelah itu ditentukan jenisnya (minyak atau gas).
- b. Menentukan lokasi tepatnya hidrokarbon tersebut berada  
Evaluasi formasi diharapkan mampu menjelaskan pada kedalaman tertentu hidrokarbon tersebut berada dan pada lapisan batuan tertentu.

- c. Menentukan jumlah kandungan hidrokarbon tersebut di dalam formasi

Jumlah hidrokarbon yang terdapat di dalam formasi harus dapat diketahui. Aspek yang paling penting untuk mengetahui hidrokarbon adalah dengan menentukan porositas batuan karena hidrokarbon terdapat di dalam pori-pori batuan.

- d. Menentukan hidrokarbon tersebut potensial untuk diproduksi atau tidak

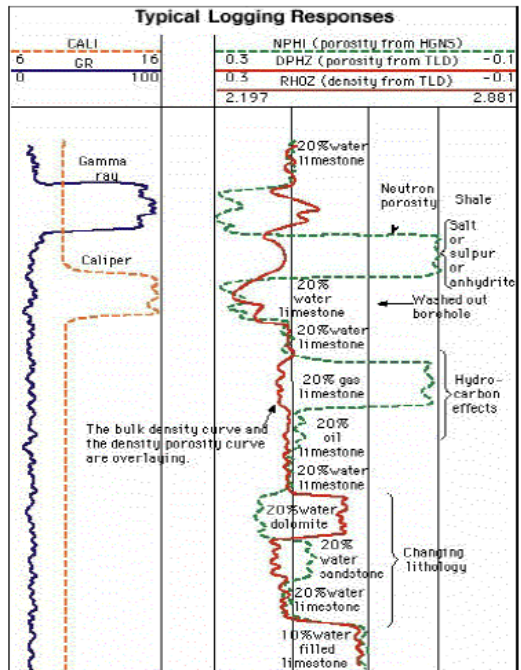
Untuk menentukan potensial atau tidaknya hidrokarbon yang berada di dalam formasi batuan membutuhkan banyak parameter yang harus diketahui. Parameter yang paling penting adalah permeabilitas batuan, lalu viskositas minyak.



**Gambar 2. 1** *Well logging [8]*

Bagi seorang geolog, *well logging* merupakan teknik pemetaan untuk kepentingan eksplorasi bawah permukaan. Bagi seorang petrofisisis, *well logging* digunakan untuk mengevaluasi

potensi produksi hidrokarbon dari suatu reservoir serta untuk melengkapi data yang diperoleh melalui seismik.

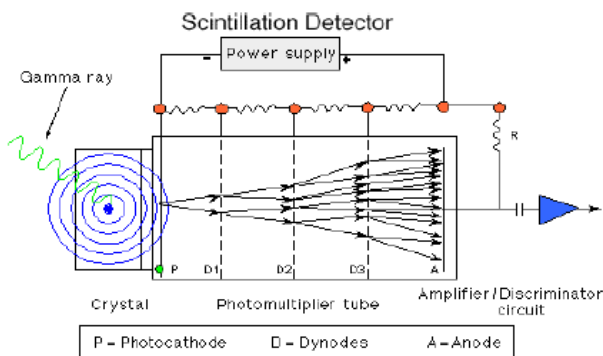


**Gambar 2. 2** Hasil *Well logging* [9]

Dari hasil *Well logging*, didapatkan beberapa variabel berupa data *logging* seperti berikut [4]:

### 2.2.1. Log Gamma Ray (GR)

Dalam kegiatan *logging*, dikenal alat yang bernama "Gamma Ray *Scintillator Detector*". Alat ini menangkap sinar radioaktif yang dipancarkan oleh unsur Potasium (K), Thorium (Th) dan Uranium (U) secara bersamaan dengan besar spektrum berkisar antara 0 hingga 3 MeV. Proses gamma ray log seperti pada gambar 2.3:



**Gambar 2. 3** Skema Gamma Ray Scintillator Detector [9]

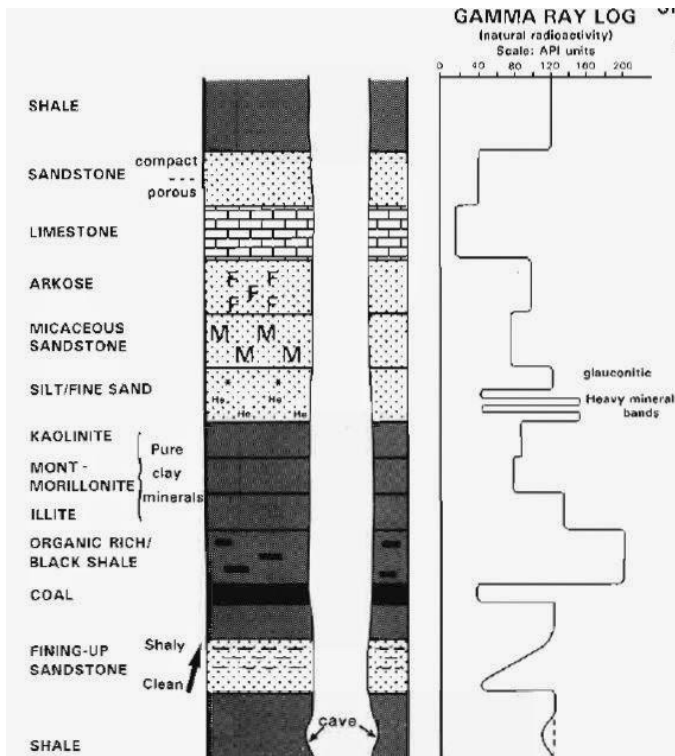
Sinar radioaktif akan ditangkap oleh sensor berupa kristal sintilator yang dilengkapi dengan penguat berupa photo multiplier untuk menguatkan pancaran energi radioaktivitas. Energi yang terkumpul pada selang waktu pengukuran adalah nilai pembacaan log sinar gamma pada satu sampel pengukuran [9].

Prinsip dari gamma ray log adalah perekaman radioaktivitas alami bumi, dimana sinar gamma mampu menembus batuan dan dideteksi oleh sensor sinar gamma yang umumnya berupa detektor sintilasi (penurunan intensitas gelombang). Skala log gamma ray dalam satuan API unit. Berikut adalah interpretasi log GR terhadap litologi [10]:

**Tabel 2. 1** Interpretasi Gamma Ray tiap Litologi [11]

Radioaktif sangat rendah (0 – 32,5 API)	Radioaktif rendah (32,5 – 60 API)	Radioaktif menengah (60 – 100 API)	Radioaktif sangat tinggi (>100 API)
Anhidrit	Batupasir	Arkose	Batuan serpih
Salt	Batugamping	Batuan granit	Abu vulkanik
Batubara	Dolomit	Lempungan	Bentonit
		Pasiran	
		Gamping	

Batu gamping memiliki kandungan material radioaktif yang rendah, sehingga akan menghasilkan pembacaan nilai GR yang rendah pula. Seiring dengan bertambahnya kandungan *shale* dalam batuan, maka kandungan material radioaktif akan bertambah dan pembacaan nilai GR akan meningkat. Teknik interpretasinya secara sederhana, yaitu dengan membuat suatu garis batas (*cut off*) antara *shale base line* (yang menyatakan nilai GR tertinggi) dengan *sand base line* (yang menyatakan nilai GR terendah). Sehingga diperoleh zona di sebelah kiri *cut off* sebagai zona reservoir, dan zona non-reservoir di sebelah kanan garis *cut off* yang ditunjukkan seperti contoh gambar berikut [10]:



**Gambar 2. 4** Pembacaan GR Setiap Litologi [10]



### 2.2.2. Log Densitas (RHOB)

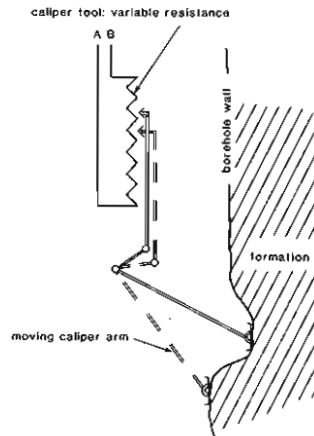
Proses *logging* densitas ini berawal dari sinar gamma dari sumber radioaktif yang dipancarkan akibat tumbukan dengan elektron di dalam lapisan tanah dan energi sinar gamma akan hilang kepada elektron untuk setiap tumbukan (efek compton). Densitas elektron di dalam material sebanding dengan densitas curahan atau massa (bulk or mass *density*) material. *Logging* densitas (log densitas) dilakukan untuk mengukur densitas batuan disepanjang lubang bor. Densitas yang diukur adalah densitas keseluruhan dari matriks batuan dan fluida yang terdapat pada pori [10].

**Tabel 2. 2** Densitas setiap lapisan litologi [11]

Jenis batuan	Rapat massa sebenarnya (gr/cc)	Rapat massa saat <i>logging</i> (gr/cc)
Batupasir	2,650	2,684
Batu gamping	2,710	2,710
Dolomit	2,870	2,876

### 2.2.3. Log Caliper (CALI)

Caliper log merupakan suatu kurva yang memberikan gambaran kondisi (diameter) dan lithologi terhadap kedalaman lubang bor. Untuk menyesuaikan dengan kondisi lubang bor, peralatan caliper log dilengkapi dengan pegas yang dapat mengembang secara fleksibel. Ujung paling bawah dari pegas tersebut dihubungkan dengan *rod*. Posisi *rod* ini tergantung pada kompresi dari spring dan ukuran lubang bor [10].



**Gambar 2. 5** Skema Log Caliper [10]

Manfaat caliper log adalah untuk menghitung volume lubang bor guna menentukan volume semen pada operasi *cementing* serta dalam interpretasi geologi digunakan untuk menentukan litologi batuan reservoir dan non-reservoir.

Ukuran lubang bor sebanding dengan ukuran pahat (bit) oleh karena itu perlu diketahui ukuran lubang bor dengan sebenarnya, perhitungan kecepatan lumpur di annulus yang berhubungan dengan pengangkatan *cutting* yang digunakan untuk korelasi litologi karena caliper log dapat membedakan lapisan permeabel dengan lapisan *consolidated*. Dari hasil *logging* caliper terdapat beberapa istilah, yaitu [10]:

a. *Caving*

*Caving* adalah diameter besar yang dihasilkan saat *drill bit* menerobos batuan yang lunak, misalnya *coal*, *shale* batu lempung atau batuan lain yang lunak secara fisik. Hal ini dikarenakan batuan lunak tersebut mudah patah dan runtuh ketika *drill bit* membor bagian litologi tersebut.

b. *Mud Cake*

*Mud cake* biasanya terjadi saat *drill bit* melewati batuan permeable yang kaya fluida. Mud cake terbentuk saat lumpur

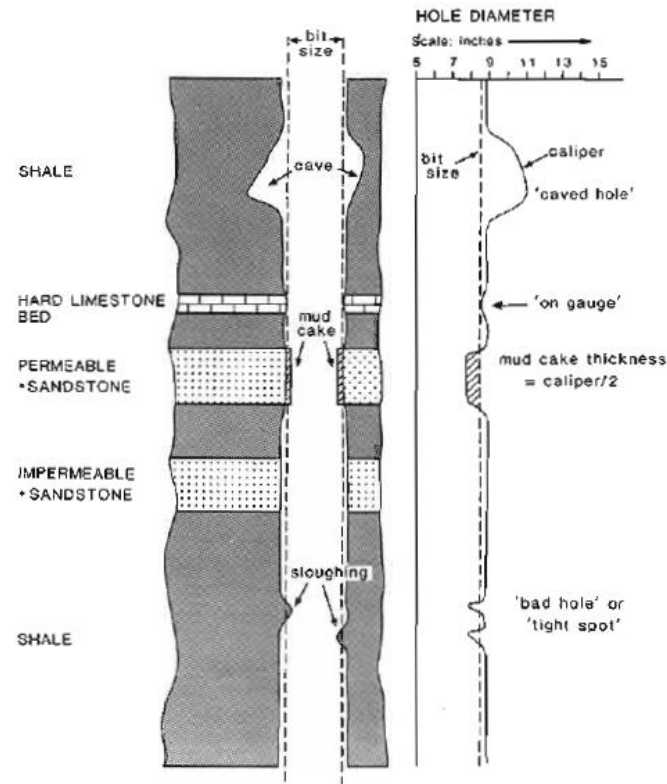
pengeboran (drilling mud) bertemu dengan air formasi dan kemudian menempel di batuan permeabel tersebut sehingga terbentuk mud cake. Hasilnya adalah diameter lubang bor akan menyempit pada bagian ini.

c. *Sloughing*

*Sloughing* atau biasa disebut tonjolan disebabkan karena batuan yang sangat masif. *Sloughing* ini ditandai dengan adanya penyempitan diameter *borehole*.

d. *On Gauge*

*On gauge* ini adalah kondisi diameter lubang bor sama dengan diameter *drill bit*.



Gambar 2. 6 Hasil Caliper Log [10]

#### 2.2.4. *Resistivity Log (ILD/ILM)*

*Resistivity log* adalah metode untuk mengukur sifat batuan dan fluida pori seperti minyak, air, dan gas disepanjang lubang bor dengan mengukur sifat tahanan kelistrikannya. Metode *resistivity logging* ini dilakukan karena pada hakekatnya batuan, fluida dan hidrokarbon di dalam bumi memiliki nilai resistivitas tertentu. Didalam pengukuran *resistivity log*, biasanya terdapat tiga jenis penetrasi *resistivity*, yakni *shallow* atau ILS (*Induction Log Shallow*), *medium* (*invaded zone*) atau ILM (*Induction Log Medium*) dan *deep* atau ILD (*Induction Log Deep*) *penetration*. Perbedaan kedalaman penetrasi ini dimaksudkan untuk menghindari salah tafsir pada pembacaan log *resistivity* karena mud invasion (efek lumpur pengeboran) dan digunakan untuk mempelajari sifat mobilitas minyak [10].

**Tabel 2. 3** Resistivitas Setiap Litologi Batuan [12]

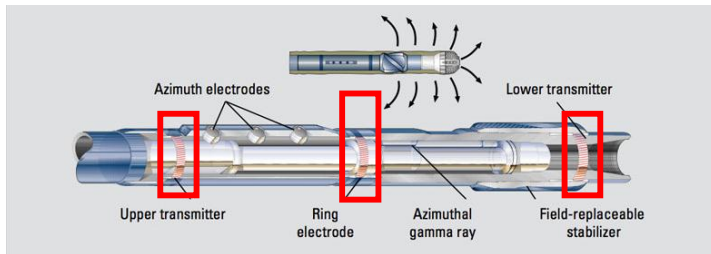
Material	Resistivitas (Ohm meter)
<i>Limestones</i>	50 - 10 <sup>7</sup>
<i>Sandstones</i>	1 - 10 <sup>8</sup>
<i>Shales</i>	20 - 2x10 <sup>3</sup>
<i>Dolomite</i>	100 - 10.000
<i>Sand</i>	1 - 1000
<i>Clay</i>	1 - 100
<i>Sea Water</i>	0.2

*Resistivity log* memiliki kegunaan lain yakni untuk mendeterminasi tingkat saturasi air (*Water Saturation*). Semakin tinggi saturasi air maka *Resistivity* akan semakin rendah [13] .

#### 2.2.5. *Micro Spherical Focised Log (MSFL)*

Log ini dirancang untuk mengukur resistivitas formasi pada *flush zone* (Rxo) atau zona terkontaminasi dan sebagai indikator lapisan *porous permeable* yang ditandai oleh adanya *mud cake*. Hasil pembacaan Rxo dipengaruhi oleh tahanan *mud cake* (Rmc)

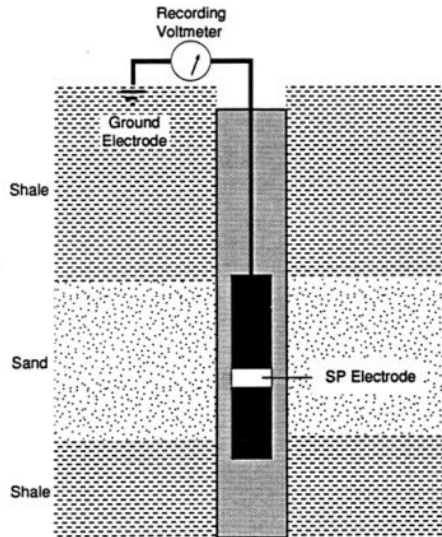
dan ketebalan *mud cake* (hmc). Ketebalan dari *mud cake* dapat dideteksi dari besar kecilnya diameter lubang bor yang direkam oleh *caliper log* [10]. MSFL merupakan alat yang digunakan untuk menghilangkan efek sumur bor (*bore hole*). Selain itu, MSFL digunakan untuk mengoreksi hidrokarbon yang berpindah dari *flushed zone* [14].



**Gambar 2. 7** MSFL tool [15]

#### 2.2.6. *Spontaneous Potential*

Kurva *spontaneous potensial* (SP) merupakan hasil pencatatan alat logging karena adanya perbedaan potensial antara elektroda yang bergerak dalam lubang sumur dengan elektroda tetap di permukaan terhadap kedalaman lubang sumur. Sebuah elektroda (M) diturunkan kedalam lubang sumur dan elektroda yang lain (N) ditanamkan di permukaan. Di samping itu, masih juga terdapat sebuah baterai dan sebuah potensiometer untuk mengatur potensial diantara kedua elektroda tersebut. Bentuk defleksi positif ataupun negatif terjadi karena adanya perbedaan salinitas antara kandungan dalam batuan dengan lumpur. Bentuk ini disebabkan oleh karena adanya hubungan antara arus listrik dengan gaya-gaya elektromagnetik (elektrokimia dan elektrokinetik) dalam batuan [10].



**Gambar 2. 8** SP log tool [16]

### 2.3. Multikolinearitas

Multikolinearitas merupakan salah satu uji dari uji asumsi klasik yang merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengidentifikasi suatu model regresi dapat dikatakan baik atau tidak. Secara konsep, multikolinearitas adalah situasi dimana terdapat dua variabel yang saling berkorelasi. Adanya hubungan diantara variabel bebas adalah hal yang tak bisa dihindari dan memang diperlukan agar regresi yang diperoleh bersifat valid.

Dampak dari multikolinearitas antara lain:

- Koefisien Regresi *Partial* (koefisien beta) tidak terukur secara presisi yang menyebabkan nilai standar errornya besar.
- Perubahan kecil pada data dari sampel ke sampel akan menyebabkan perubahan drastis pada nilai koefisien regresi *partial*.
- Perubahan pada satu variabel dapat menyebabkan perubahan besar pada nilai koefisien regresi parsial variabel lainnya.
- Nilai *Confidence Interval* sangat lebar.

Uji multikolinieritas dilakukan untuk melihat apakah ada keterkaitan antara hubungan yang sempurna antara variabel - variabel independen. Jika didalam pengujian ternyata didapatkan sebuah kesimpulan bahwa antara variabel independen tersebut saling terikat, maka pengujian tidak dapat dilakukan kedalam tahapan selanjutnya. Hal ini disebabkan oleh tidak dapat ditentukannya koefisien regresi variabel tersebut dan nilai standard errornya menjadi tak terhingga [17].

Untuk mengetahui hasil uji dari uji multikolinieritas dapat dilihat dari beberapa cara, yakni sebagai berikut:

- a. Melihat kekuatan korelasi antar variabel bebas. Jika ada korelasi antar variabel bebas  $> 0,8$  dapat diindikasikan adanya multikolinearitas.
- b. Melihat nilai standar error koefisien regresi parsial. Jika ada nilai standar error  $> 1$ , maka dapat diindikasikan adanya multikolinearitas.
- c. Melihat rentang *confidence* interval. Jika rentang *confidence* interval sangat lebar, maka dapat diindikasikan adanya multikolinearitas.
- d. Melihat nilai *condition index* dan *eigenvalue*. Jika nilai *condition index*  $> 30$  dan nilai *eigenvalue*  $< 0,001$  dapat diindikasikan adanya multikolinearitas.
- e. Melihat nilai *tolerance* dan *Variance Inflating Factor* (VIF). Jika nilai *tolerance*  $< 0,1$  dan VIF  $> 10$  dapat diindikasikan adanya multikolinearitas. [18]

Nilai *tolerance* adalah besarnya tingkat kesalahan yang dibenarkan secara statistik (a). Nilai *Variance Inflation Factor* (VIF) adalah faktor inflasi penyimpangan baku kuadrat. Persamaannya sebagai berikut :

$$r^2 = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n \quad (2.1)$$

$$VIF_n = \frac{1}{1-r^2} \quad (2.2)$$

$$tolerance = 1/VIF \quad (2.3)$$

## 2.4. Regresi

Regresi adalah suatu metode statistik yang berupaya memodelkan hubungan antara dua variabel di mana satu variabel mempengaruhi variabel lainnya. Terdapat 3 model regresi, yaitu:

- a. Model regresi sederhana apabila variabel terikat dan bebas yang terlibat hanya ada satu.
- b. Model regresi berganda apabila ada satu variabel terikat dan beberapa variabel bebas.
- c. Model ekonometrik apabila variabel terikat dan variabel bebas yang terlibat lebih dari satu. [19]

Beberapa ahli berpendapat bahwa nilai toleransi kurang dari 1 atau VIF lebih besar dari 10 menunjukkan multikolinearitas signifikan, sementara itu para ahli lainnya menegaskan bahwa besarnya  $R^2$  model dianggap mengindikasikan adanya multikolinearitas. Jika VIF lebih besar dari  $1/(1 - R^2)$  atau nilai toleransi kurang dari  $(1 - R^2)$ , maka multikolinearitas dapat dianggap signifikan secara statistik. [20]

## 2.5. Metode *Principal Component Analysis* (PCA)

*Principal Component Analysis* (PCA) adalah transformasi linear untuk menentukan sistem koordinat yang baru dari dataset. Teknik PCA dapat mengurangi dimensi dari dataset tanpa tidak menghilangkan informasi penting dari dataset.

Di PCA, jumlah komponen sama dengan jumlah variabel asli sehingga tidak ada informasi yang hilang dalam proses. Komponen baru adalah fungsi linear dari variabel asli dan memiliki dua sifat penting dan berguna, yaitu independen satu sama lain dan nilai eigen yang berhubungan mencerminkan kepentingan relatif mereka.

Properti pertama memastikan bahwa multikolinearitas dihindari jika komponen yang dihasilkan digunakan dalam regresi, dan properti kedua memungkinkan kita untuk menggunakan komponen yang lebih sedikit untuk menangkap sebagian besar informasi dalam kumpulan data multivariat. Secara umum,



rekening beberapa komponen pertama untuk sebagian besar dari total varian.

Variabel-variabel baru yang terbentuk hasil dari PCA disebut sebagai *principle component* dan nilai-nilai bentukan dari variabel ini disebut sebagai *Principle Component Score*. Variabel yang baru merupakan kombinasi linear dari variabel-variabel asli. Variabel baru pertama berhubungan dengan *variance* maximum dari data. Variabel baru kedua menunjukkan *variance* maximum yang belum terhitung pada variabel pertama. Variabel baru ketiga menunjukkan *variance* maximum yang belum terhitung pada kedua variabel pertama. Variabel baru ke- $p$  menunjukkan variansi maximum yang belum terhitung pada  $p-1$  variabel terdahulu. Seluruh  $p$  variabel baru tidak berkorelasi [21].

## 2.6. Metode Partial least squares (PLS)

*Partial Least Squares* (PLS) merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah multikolinier. PLS merupakan perpaduan antara *Principal Component Analysis* (PCA) dan regresi linier ganda. PCA merupakan suatu metode untuk mereduksi banyaknya peubah bebas menjadi beberapa peubah baru yang dapat menjelaskan dengan baik keragaman data dan peubah baru tersebut tidak berkorelasi. Untuk membentuk hubungan antara peubah respon dan peubah bebas, PLS membentuk peubah bebas yang baru yang disebut faktor, peubah laten, atau komponen, di mana masing-masing komponen yang terbentuk merupakan kombinasi linier dari peubah-peubah bebas. Tujuan utama dari PLS adalah membentuk komponen yang dapat menangkap informasi dari peubah bebas untuk menduga peubah respon [22].

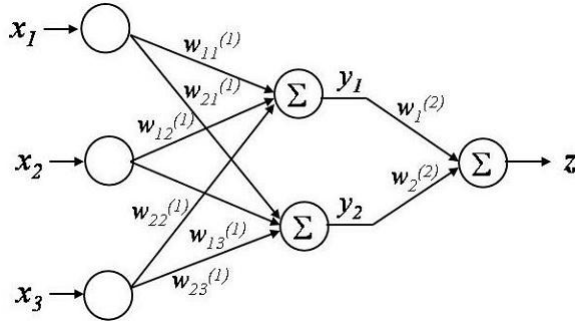
*Partial Least Square* (PLS) adalah metode untuk membangun model prediksi ketika faktor banyak dan sangat kolinier. Perhatikan bahwa penekanannya pada memprediksi respon dan belum tentu berusaha untuk memahami hubungan yang mendasari antara variabel. Sebagai contoh, PLS biasanya tidak sesuai untuk menyaring faktor yang memiliki efek yang dapat diabaikan pada respon, namun ketika prediksi adalah tujuan dan tidak perlu praktis

untuk membatasi jumlah faktor yang diukur, PLS dapat menjadi alat yang berguna.

Metode ini berguna untuk menghubungkan dua matriks data (X dan Y) dengan model *linear* multivariat, tetapi melampaui regresi tradisional karena model juga struktur X dan Y. Kegunaan PLS berasal dari kemampuannya untuk menganalisis data dengan jumlah banyak, *noise*, kolinier, dan variabel yang tidak lengkap di kedua X dan Y. PLS memiliki sifat yang diinginkan bahwa ketepatan parameter model meningkat dengan meningkatnya jumlah variabel dan pengamatan yang relevan. Masalah regresi, yaitu bagaimana model satu atau beberapa variabel dependen, tanggapan (Y) melalui serangkaian variabel prediktor (X). Hal itu adalah salah satu masalah data analitis yang paling umum dalam ilmu pengetahuan dan teknologi [23].

## 2.7. Jaringan Syaraf Tiruan

Pada tugas akhir ini digunakan jaringan syaraf tiruan (JST) dengan arsitektur *Multilayer Perceptron*. Jaringan syaraf tiruan yang digunakan pada proposal ini menggunakan *Multilayer Perceptron* dan metode *update* bobot cara Levenberg Marquardt menggunakan metode *training supervised* (pelatihan terawasi). Pada pelatihan terawasi, kumpulan *input* yang digunakan, dan *output-output*nya telah diketahui. Perbedaan antara *output-output* aktual dengan *output-output* yang diinginkan digunakan untuk mengoreksi bobot jaringan tiruan agar jaringan syaraf tiruan dapat menghasilkan jawaban sedekat mungkin dengan jawaban yang benar yang telah diketahui oleh jaringan syaraf tiruan.



**Gambar 2. 9** Arsitektur *Multilayer Perceptron* [24]

Representasi matematis dari gambar diatas adalah sebagai berikut:

$$F_i \sum_{j=1}^{n_h} W_{i,j} \cdot f_j \sum_{l=1}^{n_\emptyset} W_{i,l} + W_{j,0} + W_{i,0} \quad (2.4)$$

Dalam menentukan nilai bobot  $W$ , maka dibutuhkan data berupa keluaran dan masukan  $\Phi$  yang cukup dan saling berkorelasi. Proses penentuan nilai bobotnya sendiri disebut dengan pelatihan (*training*) atau pembelajaran (*learning*). Tujuan dari pelatihan jaringan syaraf tiruan ini adalah untuk memperkecil kesalahan antara keluaran jaringan syaraf tiruan dan keluaran proses yang diidentifikasi  $y$  (sasaran/target). Algoritma pelatihan yang digunakan dalam tugas akhir kali ini adalah algoritma pelatihan Levenberg-Marquardt. Meskipun algoritma pelatihan ini lebih kompleks dibandingkan dengan algoritma *back-propagation*, namun algoritma ini mampu menghasilkan hasil yang lebih baik [25].

Berikut ini penjelasan singkatnya. Anggap data masukan  $u(k)$  dan data keluar yang diharapkan atau sasaran  $y(k)$ . Maka data pelatihan :

$$Z^N = u(k), y(k) | k = 1, \dots, N \quad (2.5)$$

Karena tujuan dari pelatihan sendiri adalah untuk menentukan bobot yang sesuai dengan data yang ada,  $Z^N \rightarrow w$ , atau supaya jaringan syaraf tiruan mampu menghasilkan keluaran  $y(k)$  yang

mendekati nilai sasaran  $y(k)$ . Maka nilai bobot dihitung dengan persamaan berikut :

$$w = \arg \min V_N(w, Z^N) \quad (2.6)$$

Dengan skema minimalisir yang berulang :

$$w^{(i+1)} = w^{(i)} + \mu^{(i)} f^{(i)} \quad (2.7)$$

Dimana  $V_N(w, Z^N)$  merupakan jumlah selisih antara hasil prediksi dan nilai sasaran yang dikuadratkan seperti berikut ini :

$$V_N w, Z^N = L^i w \quad (2.8)$$

$$= \frac{1}{2N} \sum y k - \hat{y}(k|w)^T y k - \hat{y}(k|w) \quad (2.9)$$

Dan  $w^{(i)}$  sebagai iterasi pada saat ini,  $\mu^{(i)}$  sebagai ukuran step  $f^{(i)}$  sebagai arah pencarian pada skema minimalisir. Pada algoritma pelatihan ini, terdapat parameter  $\lambda$  untuk memastikan bahwa perhitungan konvergen. Nilai  $\lambda$  sendiri dipengaruhi oleh rasio pengurangan nilai keluaran jaringan syaraf tiruan dan pengurangan nilai sasaran sesuai dengan persamaan berikut ini :

$$r^{(i)} = \frac{V_N w^{(i)}, Z^N - V_N w^{(i)} + f^{(i)}, Z^N}{V_N w^{(i)}, Z^N - L^{(i)} w^{(i)} + f^{(i)}} \quad (2.10)$$

Dimana :

$$L^{(i)} w^{(i)} + f^{(i)} = \lambda^{(i)} f^{(i)T} f^{(i)} - f^{(i)T} G \quad (2.11)$$

$G$  merepresentasikan besar gradien kriteria yang dipengaruhi bobot  $w$ , sedangkan  $R$  merupakan perkiraan Hessian. Berikut langkah- langkah algoritma Levenberg-Marquardt :

- Pilih bobot awal berupa vektor  $w^{(0)}$  dan nilai  $\lambda^{(0)}$  awal
- Tentukan arah pencarian dari persamaan berikut
 
$$R w^{(i)} + \lambda^{(i)} I f^{(i)} = -G w^{(i)} \quad (2.12)$$
- Apabila  $r^{(i)} > 0.75$ , maka  $\lambda^{(i)} = \lambda^{(i)} / 2$
- Apabila  $r^{(i)} < 0.25$ , maka  $\lambda^{(i)} = 2\lambda^{(i)}$
- Apabila  $V_N(w^{(i)} + f^{(i)}, Z^N) < V_N(w^{(i)}, Z^N)$ , maka  $w^{(i+1)} = w^{(i)} + f^{(i)}$  dan  $\lambda^{(i+1)} = \lambda^{(i)}$
- Apabila syarat batas belum dipenuhi maka kembali ke langkah 2.

Perhitungan respon masing-masing *perceptron* adalah sebagai berikut :

- $x_i = s_i$  dengan  $x_i$  sebagai nilai pada *node* masukan dan  $s_i$  sebagai nilai masukan.

2.  $y_{in} = b + \sum_i^n x_i w_i$  dengan  $w_i$  sebagai bobot pada *node*  $i$ ,  $b$  sebagai nilai bias dan  $n$  adalah jumlah *node* pada *layer* yang diproses.
3.  $y = f(y_{in})$  dengan  $y$  sebagai nilai keluaran jaringan, nilai  $y$  didapat sebagai fungsi dari nilai  $y_{in}$ . [24]

## 2.8. Batu Gamping (*Limestone*)

Di Indonesia, jenis dari batuan sedimen yang banyak menjadi reservoir minyak dan gas adalah *limestone* (batu kapur) dan *sandstone* (batu pasir) [5]. *Limestone* adalah batuan sedimen yang sebagian besar tersusun atas kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ). Ciri utama dari *limestone* adalah berwarna putih keabu-abuan, agak lunak, dan jika ditetesi asam akan membentuk gas karbon dioksida.



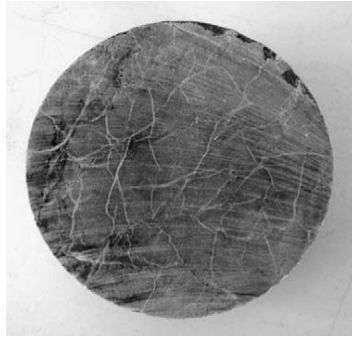
**Gambar 2. 10** Batu Gamping (*Limestone*) [26]

*Limestone* biasanya terbentuk di perairan dangkal, tenang, dan hangat. Lingkungan tersebut mampu membuat cangkang dan rangka dari organisme yang sudah mati akan menumpuk sebagai sedimen dan membentuk kalsium karbonat. Pembentukan *limestone* tersebut merupakan pembentukan organik (*biologis*). Beberapa *limestone* dapat juga terbentuk langsung dari pengendapan kalsium karbonat dari air laut. Proses ini berlangsung secara kimia. Dalam kaitannya dengan dunia migas, batuan *limestone* sangat disukai karena mempunyai sifat yang sangat porous dan permeabel [10].

Batuan gamping termasuk ke dalam batuan karbonat yang terbentuk dari mineral kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ). Karbonat secara *biologis* mengandung fragmen fosil dan partikel lainnya dengan morfologi

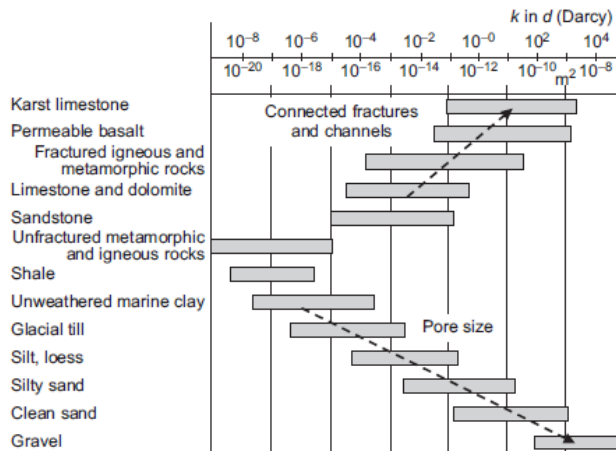
dan bentuk yang rumit. Hal ini menyebabkan struktur pori pada umumnya kompleks. Curah hujan, rekristalisasi, dolomitisasi, dan proses lainnya meningkatkan kompleksitas ini dari skala.

Berbagai jenis porositas dan distribusi ukuran pori yang kompleks juga mengakibatkan variasi permeabilitas lebar untuk porositas total yang sama, sehingga sulit untuk memprediksi produktivitas batuan karbonat.



**Gambar 2. 11** Tekstur Batuan Karbonat di Bawah Permukaan Laut [27]

Permeabilitas dari batuan gamping sendiri sekitar 617 md( milidarcy) di daerah Saudi Arabia. Namun, permeabilitas dari batuan gamping meningkat apabila porositas batuan gamping juga meningkat. Di sisi lain, permeabilitas batuan gamping akan menurun apabila terdapat lapisan *clay* (lempung) yang semakin tebal. Perbedaan jenis-jenis *limestone* terhadap permeabilitas ditunjukkan pada gambar berikut [27]:



**Gambar 2. 12** Permeabilitas Beberapa Litologi Batuan [27]

## 2.9. Duelist Algorithm

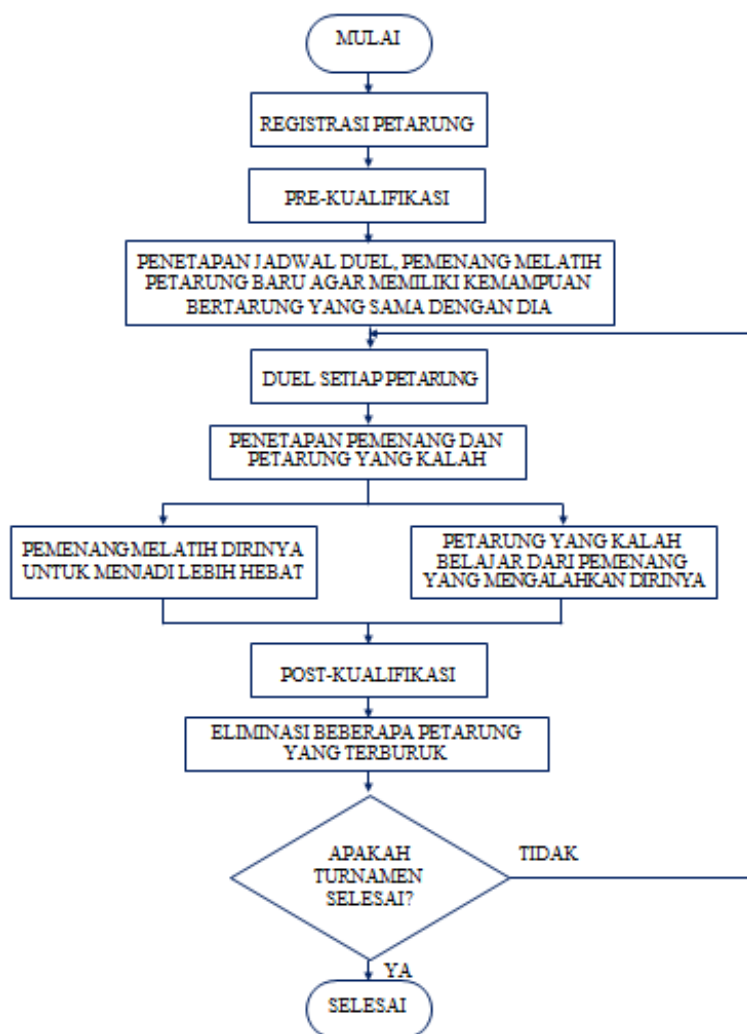
*Duelist algorithm* merupakan suatu algoritma yang meniru dari kelakuan seorang petarung tentang cara meningkatkan kemampuannya dalam hal bertarung dengan lawannya. Pertama, populasi petarung terdaftar. Setiap petarung memiliki sifat yang dikodekan ke dalam array biner dari satu dan nol. Setelah itu, masing-masing petarung dievaluasi untuk menentukan kemampuan bertempur mereka dan kemudian jadwal duel diatur untuk setiap petarung yang berisi satu set peserta duel, dalam duel ini, setiap petarung akan bertarung satu lawan satu dengan petarung lainnya. Dalam pertarungan satu lawan satu ini digunakan gladiator pertempuran untuk menghindari lokal optimum.

Setiap duel akan menghasilkan pemenang dan pecundang berdasarkan kemampuan berkelahi mereka dan keberuntungan. Setelah pertandingan, juara ditentukan. Juara adalah mereka yang memiliki kemampuan pertempuran terbaik dari semua petarung. Kemudian, masing-masing pemenang dan petarung yang kalah bisa meningkatkan kemampuan mereka berkelahi sementara masing-masing juara melatih petarung baru yang sebagus dirinya sendiri dan akan bergabung pertandingan berikutnya itu. Setiap

petarung yang kalah akan belajar dari lawan mereka bagaimana menjadi petarung (*duelist*) yang lebih baik dengan mengganti bagian tertentu dari berbagai biner mereka dengan berbagai biner pemenang nilai. Di sisi lain, pemenang akan mencoba untuk berinovasi baru teknik atau keterampilan dengan mengubah nilai biner array mereka ke dalam sesuatu yang baru. Setelah itu, masing-masing kemampuan bertarung petarung (*duelist*) dievaluasi kembali untuk pertandingan berikutnya.

Semua petarung kemudian dievaluasi ulang melalui pasca kualifikasi dan diurutkan untuk menentukan yang pantas menjadi juara. Karena ada petarung baru yang dilatih oleh juara, semua petarung terburuk akan dieliminasi untuk mempertahankan petarung jumlah dalam turnamen. *DUELIST ALGORTIHM* memiliki keunggulan daripada algoritma lain, seperti PSO (*Particle Swarm Optimization*) dan *Genetic Algorithm* [28].





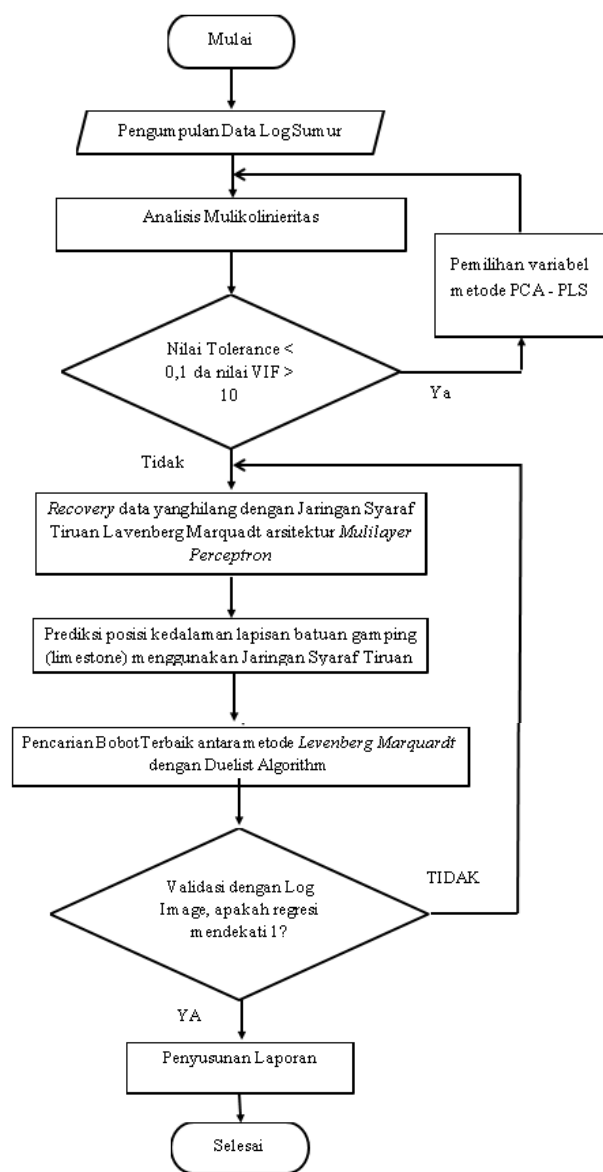
**Gambar 2. 13** *Flowchart Duelist Algorithm [28]*



### **BAB III**

## **METODOLOGI PENELITIAN**

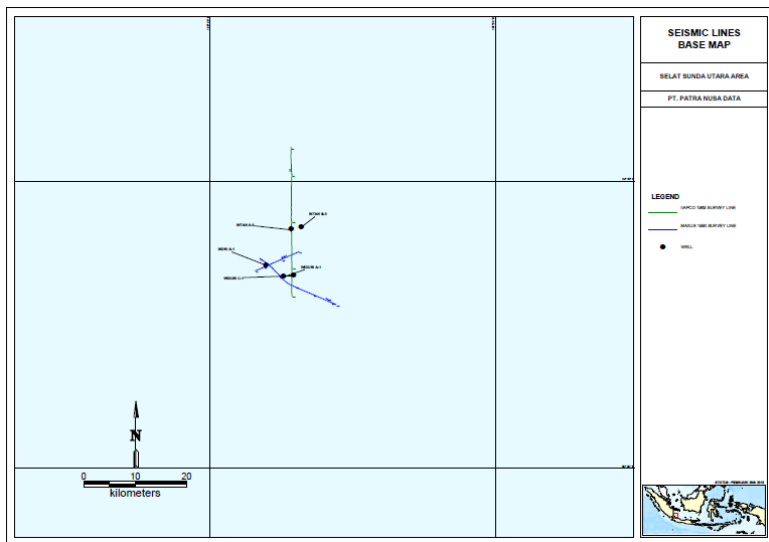
Penelitian pada tugas akhir ini dirancang pada beberapa tahapan, yang digambarkan pada diagram alir seperti pada berikut. Tahapan tersebut meliputi beberapa hal berikut:



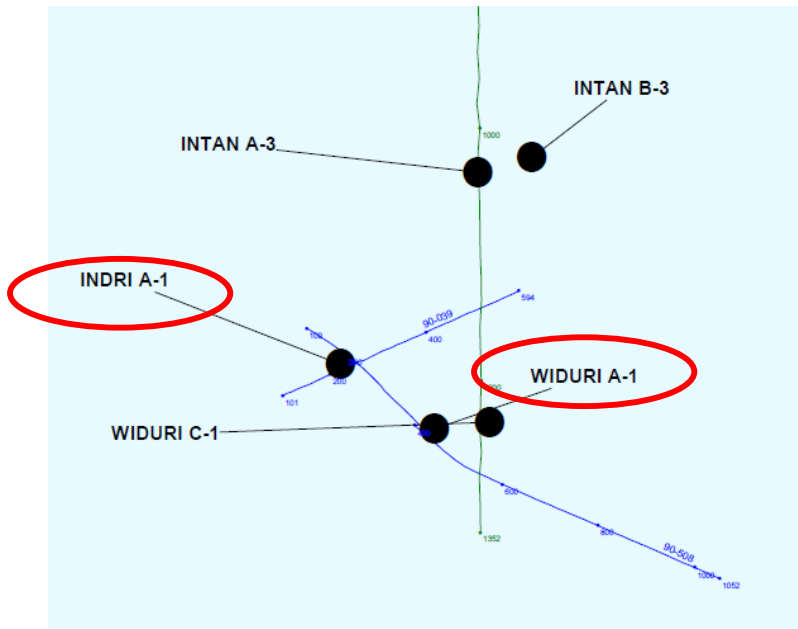
**Gambar 3. 1** Diagram Alir Penelitian

### 3.1. Pengumpulan Data Log Sumur

Pada tugas akhir ini, digunakan 2 sumur pada Selat Sunda Utara Area yang masing-masing memiliki data log sumur. Sumur yang digunakan dikarakteristikkan sebagai sumur uji dan sumur latih. Sumur latih merupakan sumur yang memiliki data berupa variabel yang dijadikan acuan, sedangkan sumur uji merupakan sumur yang variabelnya digunakan dalam pelatihan pada tugas akhir kali ini. *Well* Indri A-1 Maxusu sebagai sumur latih dan *well* Widuri A-1 Maxusu sebagai sumur uji. Data sumur ini memiliki variabel berupa multiatribut berupa data *logging* yang banyak dan mencukupi kriteria untuk analisis lebih lanjut, seperti Gamma Ray Log (GR).



**Gambar 3.2 : Navigasi Selat Sunda Utara Area**



**Gambar 3.3 :** Letak Geografis Sumur Uji (Widuri A-1) dan Sumur Latih (Indri A-1) [29]

Jika ditinjau dari longitude dan latitudenya, maka disajikan pada tabel berikut:

**Tabel 3. 1** Data Variabel Sumur [29]

<i>Well</i>	<i>Longitude</i>	<i>Latitude</i>
Indri A-1 Maxusu	106° 37' 35" 55,06	4° 38' 46,56
Widuri A-1 Maxusu	106° 37' 44,387	4° 40' 1,069

### 3.2. Analisis Multikolinieritas

Data log sumur dianalisis tingkat keeratan hubungan antara variabel bebas melalui besaran koefisien korelasi. Hal ini dapat diketahui dengan cara membandingkan antara variabel dengan nilai toleransi dan VIF (*Variance Inflation Factor*). Variabel dikatakan tidak terjadi multikolinier apabila toleransi ( $a$ ) =  $0,1 > a$

$< 0,6$  dan  $VIF < 10$ . Apabila terdapat variabel yang multikolinier, maka dilakukan kembali pemilihan variabel dengan metode PCA dan PLS. Pada penelitian kali ini, analisis multikolinieritas dilakukan dengan menggunakan *software* SPSS [13].

### **3.3. Recovery Data yang Hilang dengan Jaringan Syaraf Tiruan Lavenberg Marquadt**

Hasil dari metode PCA-PLS didapatkan variabel-variabel penting yang tidak multikolinier dari sumur latih (Indri A-1 Maxusu). Variabel ini dibandingkan dengan variabel yang dimiliki oleh sumur uji (Widuri A-1 Maxusu). Kekurangan data dari sumur uji dimodelkan dengan menggunakan JST *Multilayer Perceptron* Lavenberg Marquadt berarsitektur *Multilayer Perceptron* atau proses ini disebut dengan normalisasi data yang hilang. Tahap ini berguna untuk memodelkan hasil kedalaman lapisan batuan gamping di Area Selat Sunda.

### **3.4. Prediksi Kedalaman Lapisan Batuan Gamping**

Data dari sumur uji, yaitu *well* Widuri A-1 Maxusu dilatih dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan berarsitektur *Multilayer Perceptron feed forward net* dengan metode update bobot Levenberg Marquardt. Pada pelatihan JST ini, dilakukan training dari 1 *hidden node* hingga 30 *hidden node* dalam 1 *hidden layer* serta 1 *output layer* yang terdiri dari 1 *output node*.

### **3.5. Pencarian Bobot Terbaik antara metode Levenberg Marquardt dengan *Duelist Algorithm***

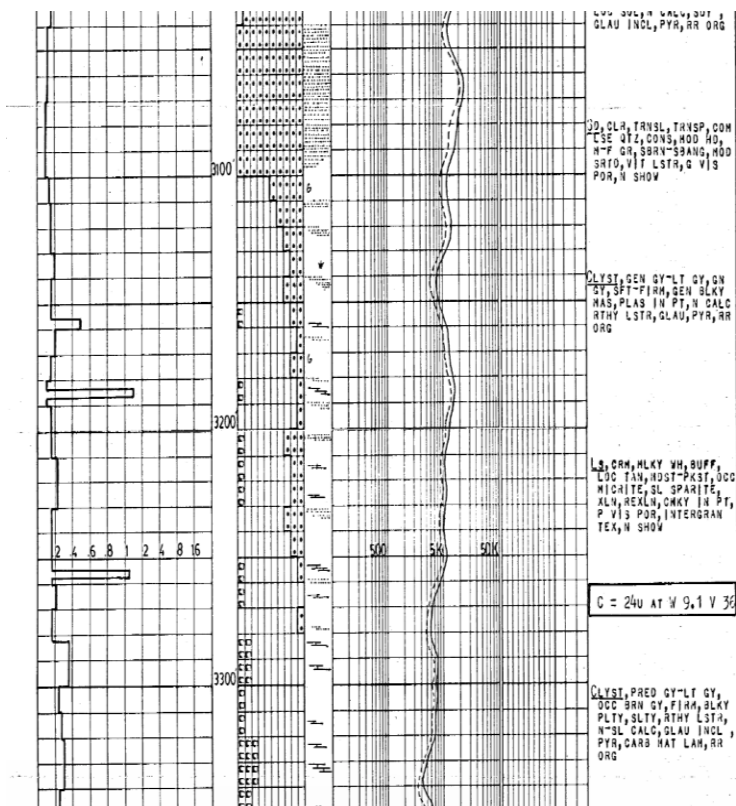
Optimisasi yang dilakukan kali ini adalah optimisasi bobot yang berpengaruh pada nilai *hidden node*. Pada penelitian kali ini, digunakan 2 *hidden node* pada training JST Lavenberg Marquardt. Setelah dilakukan training hingga didapatkan bobot pada *hidden layer* (W) dan bobot pada *output layer* (V), maka dilakukan optimisasi dengan menggunakan *Duelist Algorithm*. Tolok ukur dari optimisasi kali ini adalah menurunnya harga RMSE yang dihasilkan dari proses optimisasi *Duelist Algorithm* ini.

### 3.6. Validasi dengan Log *image*

Validasi menggunakan log *image* dimana log ini merupakan data yang sudah valid hasil dari proses logging, dengan cara menyesuaikan kedalaman yang diprediksi terdapat batu-pasir dengan kedalaman yang memang adalah batu-pasir berdasarkan Log *image*.

Log *image* adalah log grafik hasil rekaman sensor saat proses *Well logging*, data log ini selain dijadikan data pelatihan juga sebagai validasi. Data log *image well* Widuri A-1 Maxusu dijadikan validasi untuk prediksi posisi batuan gamping. Salah satu contoh log *image* ditunjukkan pada gambar 3.4





Gambar 3.4 Log image Well Widuri A-1 Maxusu [29]

**Halaman ini sengaja dikosongkan**

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1. Analisis Multikolinieritas**

Penelitian ini dilakukan analisis multikolinieritas dengan menggunakan software SPSS. Data log sumur dianalisis tingkat keeratan hubungan antara variabel bebas melalui besaran koefisien korelasi. Hal ini dapat diketahui dengan cara membandingkan antara variabel dengan nilai toleransi dan VIF (Variance Inflation Factor). Variabel dikatakan tidak terjadi multikolinier apabila toleransi ( $a$ ) =  $0,1 > a$  dan  $VIF < 10$ . Apabila terdapat variabel yang multikolinier, maka dilakukan kembali pemilihan variabel dengan metode PCA dan PLS. Analisis multikolinieritas ini penting dan berguna untuk mendapatkan variabel yang tidak multikolinieritas, sehingga hasil dari proses data pada tahap selanjutnya akurat.

Pada penelitian kali ini, uji multikolinieritas dengan variabel Dependent GR menghasilkan hasil dengan rincian pada tabel berikut:

**Tabel 4. 1** Hasil Uji Multikolinieritas pada Variabel yang Dimiliki Sumur Latih

Model		Collinearity Statistics	
		Tolerance	VIF
1	DEPT	.464	2.155
	SP	.465	2.151
	CALI	.835	1.197
	MSFL	.579	1.726
	SFLU	.341	2.930
	ILD	.143	7.008
	ILM	.108	9.233
	DT	.084	11.933
	DTL	.061	16.283
	RHOB	.222	4.497
	NPHI	.198	5.055
	DRHO	.023	43.328
	PEF	.035	28.945

a. Dependent Variable: GR

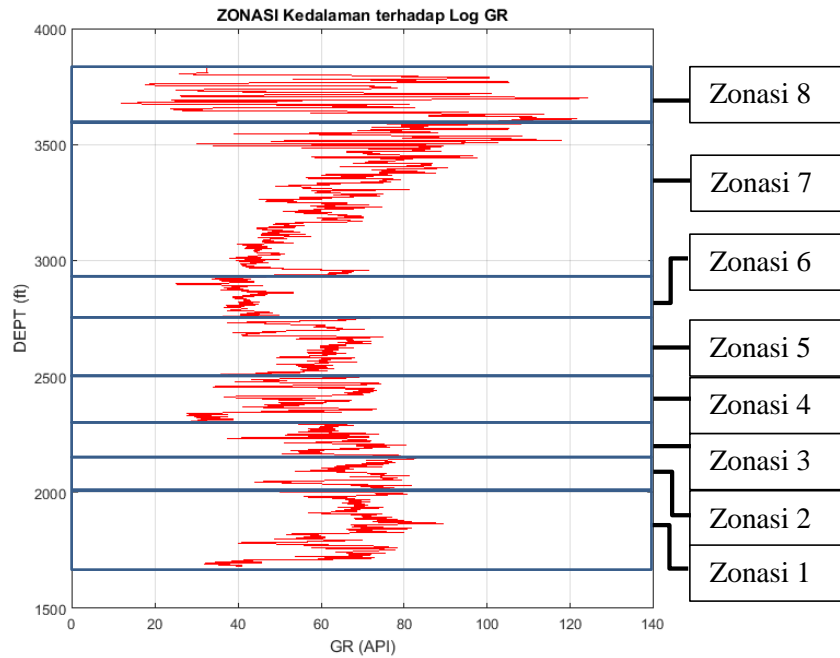
Pada gambar 4.1 didapatkan hasil uji multikolinieritas dari 14 variabel pada sumur latih. Kolom model pada gambar 4.1 mengartikan variabel independent atau variabel bebas yang dianalisis sedangkan, dependent variable adalah variabel terikat yang dalam hal ini adalah variabel Gamma Ray Log (GR Nilai *tolerance* adalah besarnya tingkat kesalahan yang dibenarkan secara statistik (a). Nilai *Variance Inflation Factor* (VIF) adalah faktor inflasi penyimpangan baku kuadrat [30].

Dengan ketentuan  $VIF > 10$  dan  $a < 0.1$  maka variabel tersebut mengalami regresi berganda (mutikolinier). Oleh sebab itu diperlukan langkah selanjutnya untuk mengurangi regresi berganda. Terdapat 4 variabel yang multikolinier, yaitu DT, DTL, DRHO, PEF. Maka dilakukan metode PCA-PLS untuk mengatasi multikolinieritas pada variabel-variabel tersebut.

## 4.2. PCA – PLS

### 4.2.1 Zonasi

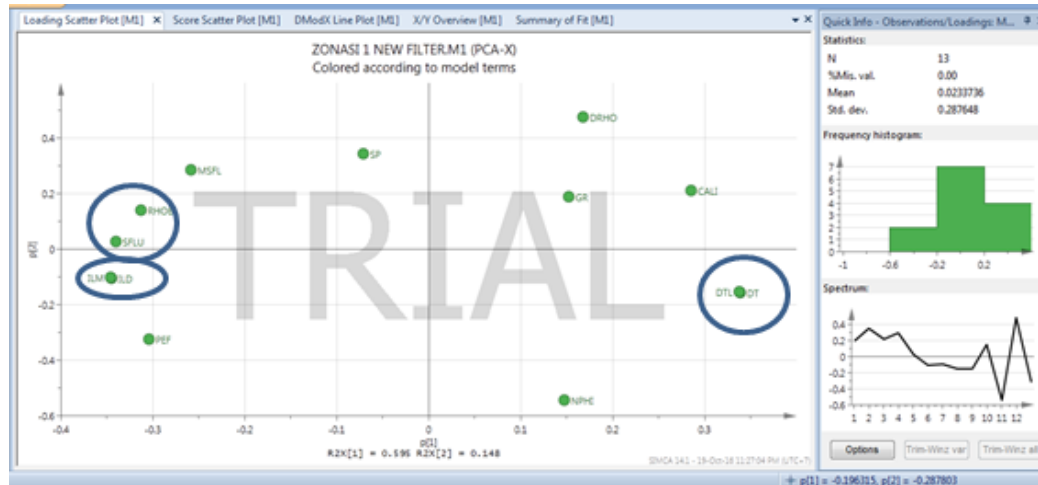
Pada penelitian kali ini, digunakan metode PCA dan PLS untuk mendapatkan variabel terpenting yang akan digunakan untuk proses selanjutnya, yaitu prediksi kedalaman lapisan batuan gamping. Namun, sebelum metode PCA, terlebih dahulu dilakukan proses zonasi antara variabel GR (sebagai sumbu x) dan variabel kedalaman atau DEPT (sebagai sumbu y). Proses zonasi ini bertujuan untuk meningkatkan akurasi pengolahan dalam mendapatkan hubungan variabel-variabel. Zonasi yang dilakukan pada litologi sumur latih ini didasarkan pada tingkat fluktuatif yang signifikan dari tiap kedalaman sumur. Terdapat 2 jenis fluktuatif, yaitu defleksi positif dan defleksi negatif. Apabila pada interpretasi well *logging* terdapat defleksi yang signifikan, maka terdapat perbedaan litologi batuan. [31]



**Gambar 4. 1 Hasil Zonasi**

Tahap zonasi bertujuan untuk mendapatkan hasil yang akurat terhadap litologi batuan. Setelah dilakukan zonasi, maka dilakukan metode PCA – PLS untuk mendapat variabel penting. Metode PCA dilakukan dengan cara membuat *cluster* untuk variabel yang berdekatan. Keragaman cenderung terkumpul pada beberapa komponen utama pertama dan semakin sedikit yang terkumpul pada komponen utama terakhir, sehingga komponen-komponen utama pada urutan terakhir dapat diabaikan tanpa kehilangan informasi. Keragaman data ini memiliki prosentase yang tinggi untuk mewakili data-data yang lain [32]. Pada tugas akhir kali ini, disajikan juga hasil PCA berupa *scatter plot*. Untuk beberapa data yang berada di *outlier*, maka data pada zonasi tersebut masih mengandung variabel yang multikolinier [33]. Hasil PCA pada masing-masing zonasi dapat dilihat pada gambar 4.3 sampai 4.12.

## 4.2.2 Hasil PCA

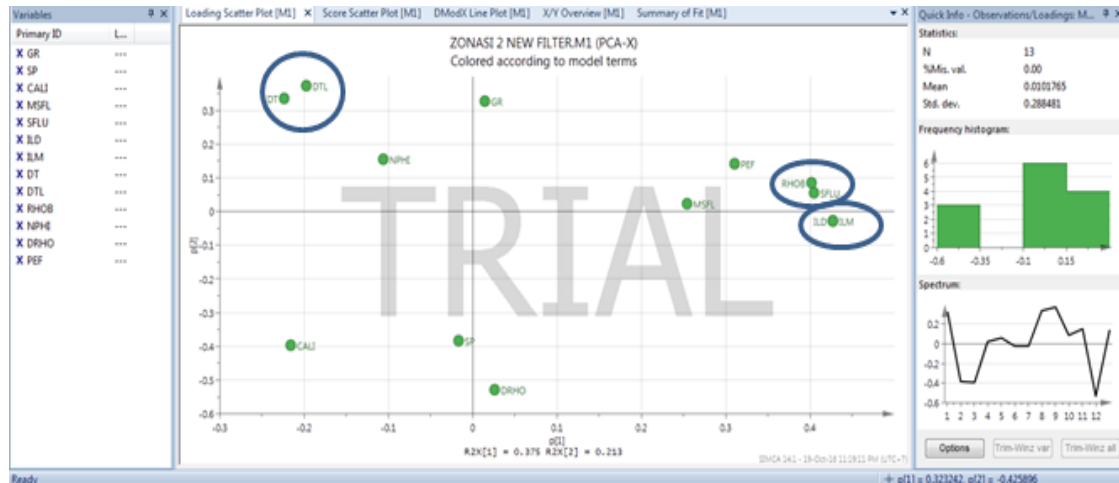


**Gambar 4. 2** PCA Zonasi 1

Pada grafik hasil PCA zonasi 1 di atas, didapatkan 3 cluster variabel yang tidak multikolinier dan saling berdekatan, yaitu ILD-ILM, DT-DTL dan RHO-SFLU. 3 *Cluster* di atas menunjukkan bahwa variabel-variabel tersebut memiliki keragaman yang tinggi, sehingga dapat mewakili variabel lain untuk diproses lebih lanjut.



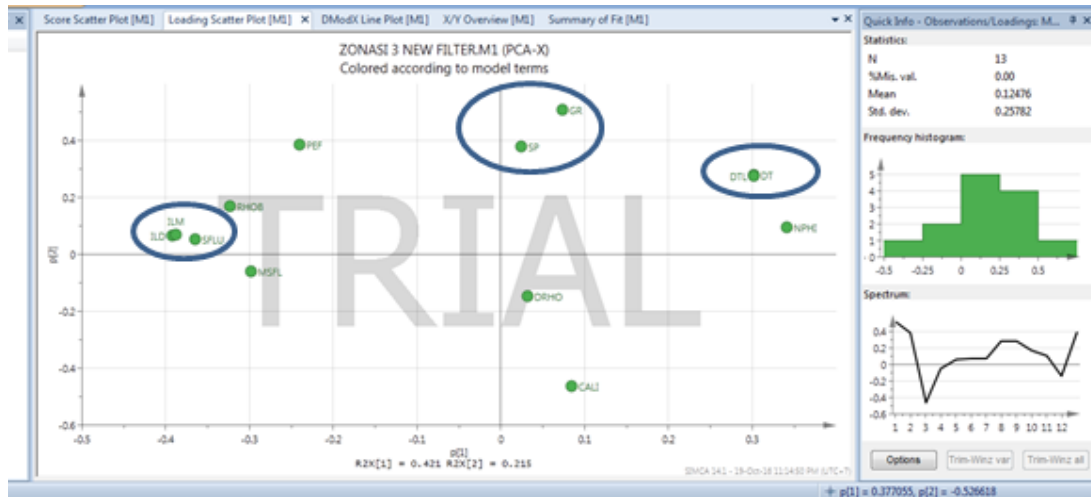




**Gambar 4. 4** PCA Zonasi 2

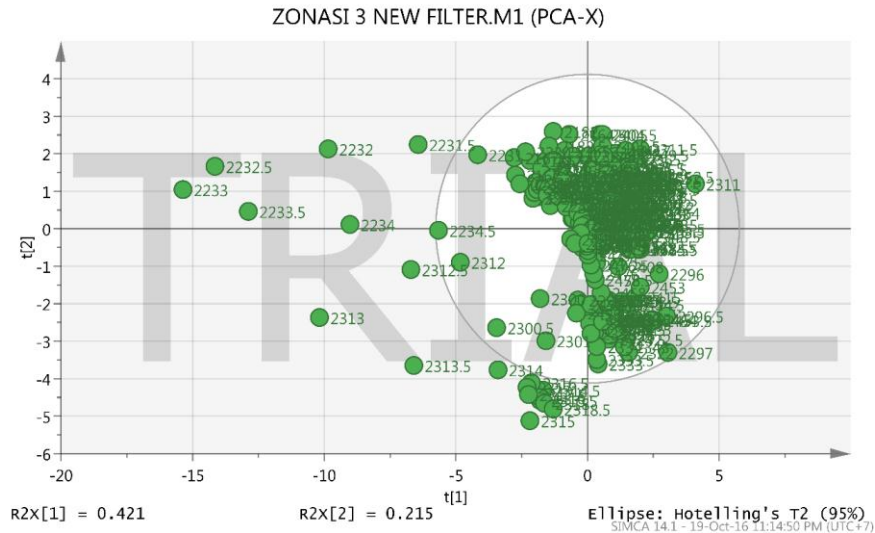
Pada grafik hasil PCA zonasi 2 di atas, didapatkan 3 cluster variabel yang tidak multikolinier dan saling berdekatan, yaitu ILD-ILM, DT-DTL dan RHOB-SFLU. 3 *Cluster* di atas menunjukkan bahwa variabel-variabel tersebut memiliki keragaman yang tinggi, sehingga dapat mewakili variabel lain untuk diproses lebih lanjut. Hal ini mengakibatkan terjadinya pengumpulan variabel pada satu tempat [32].





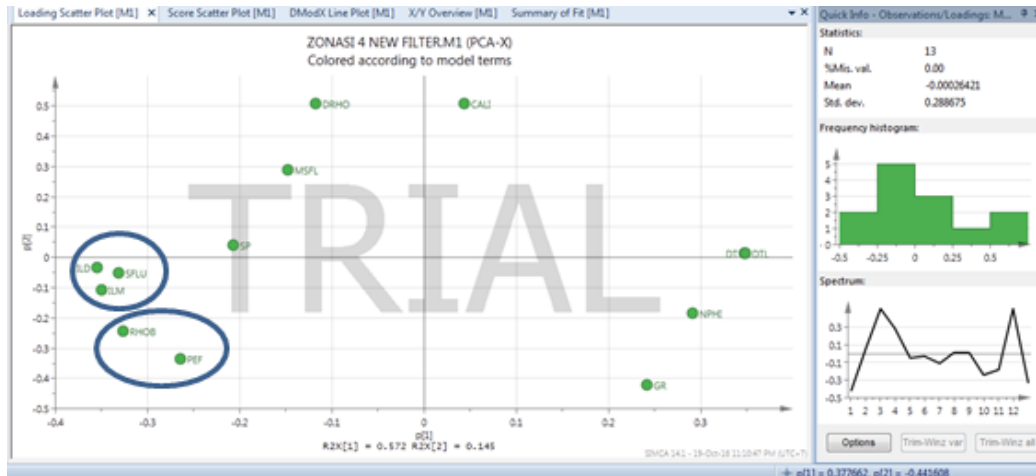
**Gambar 4. 6** PCA Zonasi 3

Pada grafik hasil PCA zonasi 3 di atas, didapatkan 3 cluster variabel yang tidak multikolinier dan saling berdekatan, yaitu SFLU-ILD-ILM, DT-DTL dan SP-GR. 3 *Cluster* di atas menunjukkan bahwa variabel-variabel tersebut memiliki keragaman yang tinggi, sehingga dapat mewakili variabel lain untuk diproses lebih lanjut.



**Gambar 4. 7** Scatter Plot Zonasi 3

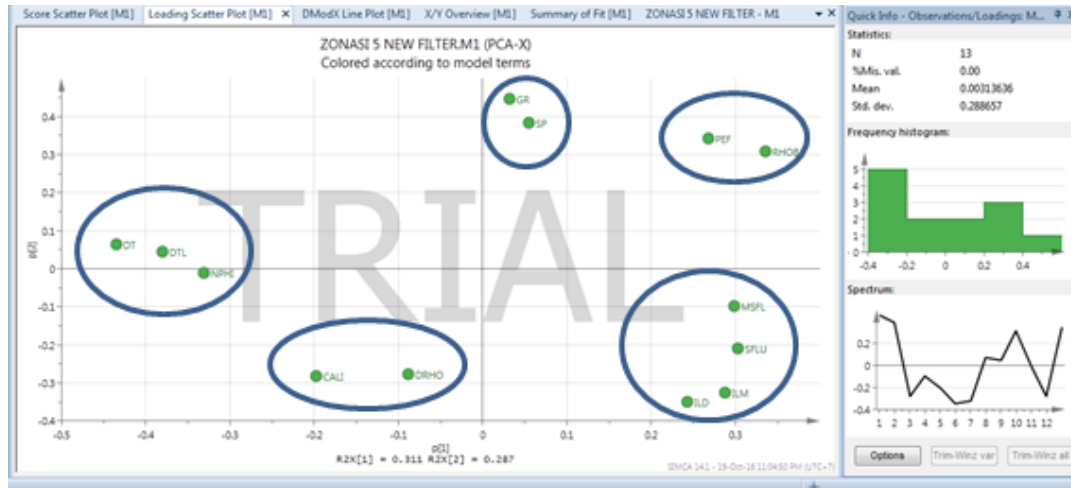
Gambar di atas menunjukkan terkumpulnya beberapa variabel pada kedalaman tertentu yang menggambarkan bahwa terdapat keragaman data yang dapat mewakili variabel lain [32]. Data yang berada di *outlier* masih mengandung variabel yang multikolinier pada kedalaman tertentu [33].



**Gambar 4. 8** PCA Zonasi 4

Pada grafik hasil PCA zonasi 4 di atas, didapatkan 2 cluster variabel yang tidak multikolinier, yaitu ILD-ILM- SFLU, dan PEF-RHOB. 2 *Cluster* di atas menunjukkan bahwa variabel-variabel tersebut memiliki keragaman yang tinggi, sehingga dapat mewakili variabel lain untuk diproses lebih lanjut.

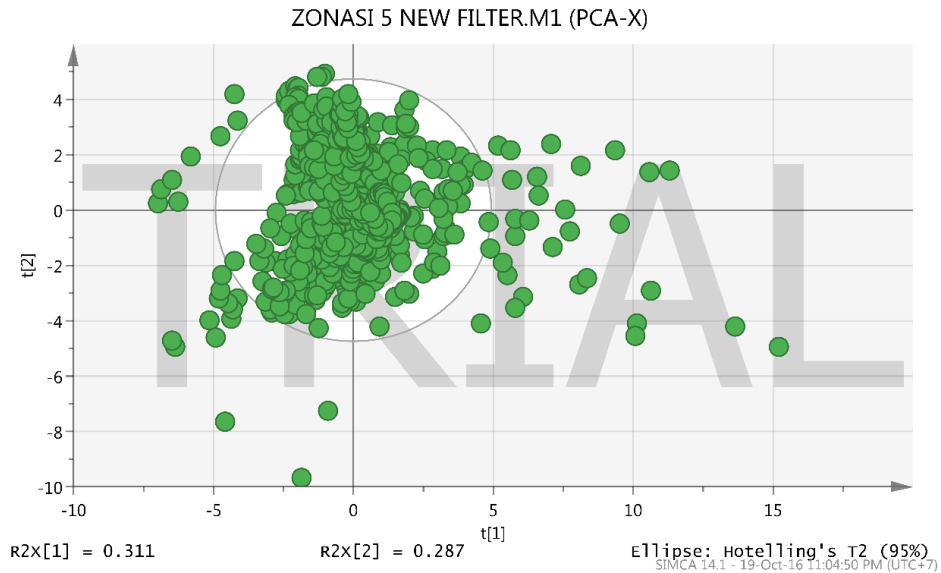




**Gambar 4. 10 PCA Zonasi 5**

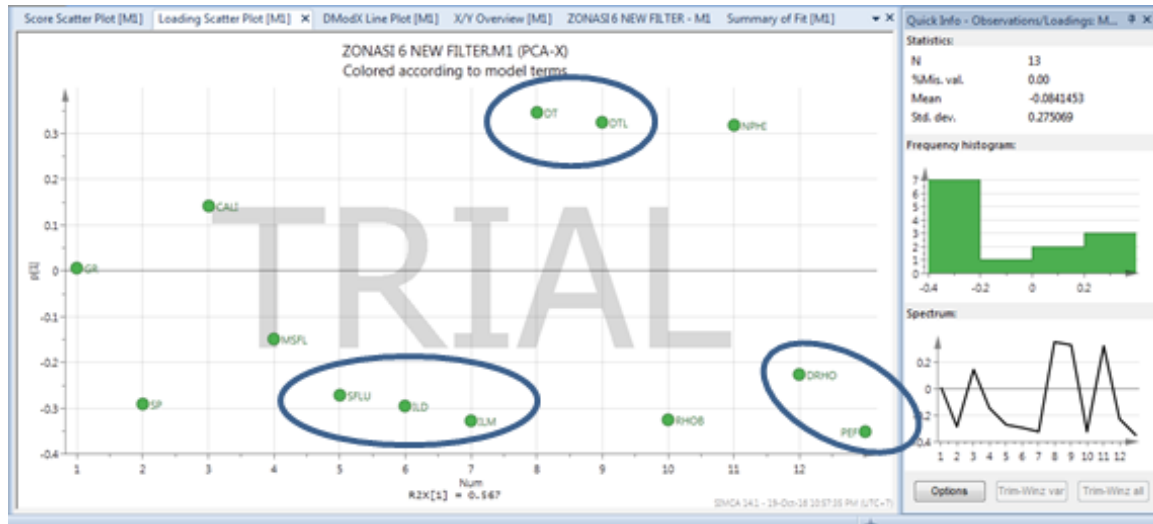
Pada grafik hasil PCA zonasi 5 di atas, didapatkan 5 cluster variabel yang tidak multikolinier, yaitu SFLU-ILD-ILM-MSFL, CALI-DRHO, GR-SP, PEF-RHOB dan DT-DTL-NPHI. 5 *Cluster* di atas menunjukkan bahwa variabel-variabel tersebut memiliki keragaman yang tinggi, sehingga dapat mewakili variabel lain untuk diproses lebih lanjut yang mengartikan pada zonasi ini memiliki variabel yang baik untuk diproses dan tidak multikolinier.





**Gambar 4. 11** Scatter Plot Zonasi 5

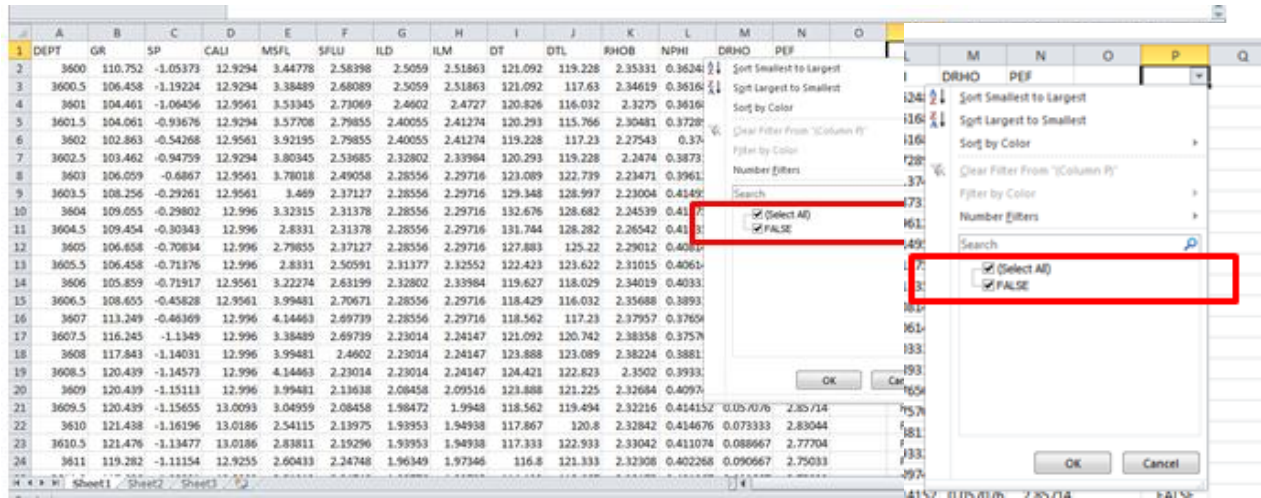
Gambar di atas menunjukkan terkumpulnya beberapa variabel pada kedalaman tertentu yang menggambarkan bahwa terdapat keragaman data yang dapat mewakili variabel lain [32]. Data yang berada di *outlier* masih mengandung variabel yang multikolinier pada kedalaman tertentu [33].



**Gambar 4. 12** PCA Zonasi 6

Pada grafik hasil PCA zonasi 6 di atas, didapatkan 3 cluster variabel yang tidak multikolinier, yaitu SFLU-ILD-ILM, DRHO-PEF, dan DT-DTL. 3 *Cluster* di atas menunjukkan bahwa variabel-variabel tersebut memiliki keragaman yang tinggi, sehingga variabel tersebut cenderung mengumpul pada satu tempat.

Pada zonasi 7, tidak didapatkan hasil filter dikarenakan tidak memiliki data yang memiliki nilai *log* GR antara 32,5 hingga 60 API. Hal ini dapat dilihat seperti gambar berikut:

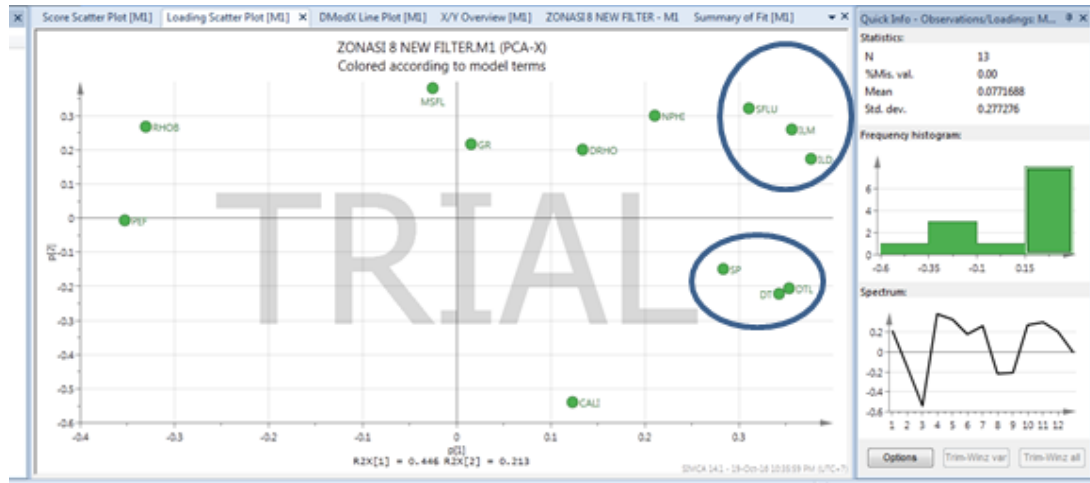


Gambar 4. 13 PCA Zonasi 7

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
2	3600	110.752	-1.05373	12.9294	3.44778	2.58398	2.5059	2.51863	121.092	119.228	2.35331	0.362483	0.025701	2.67023		FALSE
3	3600.5	106.438	-1.19234	12.9294	3.38489	2.68089	2.5059	2.51863	121.092	117.63	2.34619	0.363682	0.029373	2.71028		FALSE
4	3601	104.461	-1.06456	12.9561	3.51345	2.73069	2.4602	2.4727	120.826	116.032	2.3275	0.363682	0.013044	2.72361		FALSE
5	3601.5	104.081	-0.93676	12.9294	3.57708	2.79855	2.40055	2.41274	120.293	115.796	2.30481	0.372897	0.017177	2.72361		FALSE
6	3602	102.863	-0.54268	12.9561	3.92155	2.79855	2.40055	2.41274	119.228	117.23	2.27543	0.3749	0.04506	2.64352		FALSE
7	3602.5	103.482	-0.94759	12.9294	3.80345	2.53685	2.32802	2.33984	120.293	119.228	2.2474	0.387736	0.041722	2.60347		FALSE
8	3603	106.059	-0.6867	12.9561	3.78018	2.49058	2.28556	2.29716	123.089	122.739	2.23471	0.396128	0.048398	2.59012		FALSE
9	3603.5	108.256	-0.29261	12.9561	3.469	2.37127	2.28556	2.29716	129.348	128.997	2.23004	0.434953	0.053738	2.57677		FALSE
10	3604	109.055	-0.29802	12.996	3.32315	2.31378	2.28556	2.29716	132.676	128.682	2.24039	0.435754	0.063087	2.60347		FALSE
11	3604.5	109.454	-0.30343	12.996	2.8331	2.31378	2.28556	2.29716	131.744	128.282	2.26542	0.413351	0.068425	2.65688		FALSE
12	3605	106.458	-0.70834	12.996	2.79855	2.37127	2.28556	2.29716	127.883	125.22	2.29012	0.408344	0.070427	2.71028		FALSE
13	3605.5	106.458	-0.71376	12.996	2.8331	2.50591	2.31377	2.32552	122.423	123.622	2.31015	0.406342	0.06709	2.71028		FALSE
14	3606	105.859	-0.71917	12.9561	3.22274	2.63199	2.32802	2.33984	119.627	118.029	2.34019	0.403336	0.057744	2.71028		FALSE
15	3606.5	108.655	-0.45828	12.9561	3.99481	2.70671	2.28556	2.29716	118.429	116.032	2.35688	0.389319	0.051068	2.80374		FALSE
16	3607	113.249	-0.46369	12.996	4.14463	2.69739	2.28556	2.29716	118.562	117.23	2.37957	0.376502	0.046395	2.88385		FALSE
17	3607.5	116.245	-1.1349	12.996	3.38489	2.69739	2.23014	2.24147	121.092	120.742	2.38358	0.375701	0.046395	2.88385		FALSE
18	3608	117.843	-1.14031	12.996	3.99481	2.4602	2.23014	2.24147	123.888	123.089	2.38224	0.388117	0.049733	2.88385		FALSE
19	3608.5	120.439	-1.14573	12.996	4.14463	2.23014	2.23014	2.24147	124.421	122.823	2.3502	0.393324	0.051068	2.80374		FALSE
20	3609	120.439	-1.15113	12.996	3.99481	2.13638	2.08458	2.09516	123.888	121.225	2.32684	0.409746	0.053403	2.80374		FALSE
21	3609.5	120.439	-1.15655	13.0091	3.04939	2.08458	1.98472	1.9948	118.562	119.494	2.32216	0.434352	0.057076	2.85714		FALSE
22	3630	121.438	-1.16196	13.0186	2.54115	2.13975	1.93953	1.94938	117.867	120.8	2.32842	0.434676	0.073333	2.83044		FALSE
23	3610.5	123.476	-1.13477	13.0186	2.83811	2.13956	1.93953	1.94938	117.333	122.933	2.33042	0.411674	0.088667	2.77704		FALSE
24	3631	119.282	-1.11154	12.9255	2.60433	2.24748	1.96349	1.97346	116.8	121.333	2.32308	0.402268	0.090667	2.75033		FALSE

**Gambar 4. 14** Data Zonasi 7 yang Fluktuatif

Pada gambar 4.14 mengandung informasi bahwa data variabel *logging* antar ketinggian memiliki selisih perbedaan yang signifikan. Hal ini menyebabkan variabel-variabel pada range kedalaman tertentu memiliki tingkat keberagaman yang rendah, sehingga tidak dapat mewakili data yang lain dalam satu zonasi [32].



**Gambar 4. 15** PCA Zonasi 8

Pada grafik di atas, terdapat 2 cluster variabel yang tidak multikolinier, yaitu ILD-ILM-SFLU dan DT-DTL-SP.

Gambar 4.16 menunjukkan data-data pada zonasi 8 memiliki variabel-variabel yang tidak multikolinier, sehingga tidak terdapat variabel yang berada di *outlier*.

Hasil dari metode PCA apabila direkapitulasi dalam bentuk tabel, maka seperti berikut:

**Tabel 4. 2** Rekapitulasi Hasil PCA pada Sumur Latih

No	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Cluster 5
1	DT-DTL	RHOB-SFLU	ILD-ILM		
2	DT-DTL	RHOB-SFLU	ILD-ILM		
3	ILD-ILM-SFLU	SP-GR	DT-DTL		
4	ILD-ILM-SFLU	PEF-RHOB			
5	SFLU-ILD-ILM-MSFL	CALI-DRHO	GR-SP	PEF-RHOB	DT-DTL-NPHI
6	ILD-ILM-SFLU	DT-DTL	DRHO-PEF		
7	Tidak ada variabel penting dikarenakan fluktuasi data tinggi yang menyebabkan standar deviasi tinggi				
8	DT-DTL-SP	SFLU-ILD-ILM			

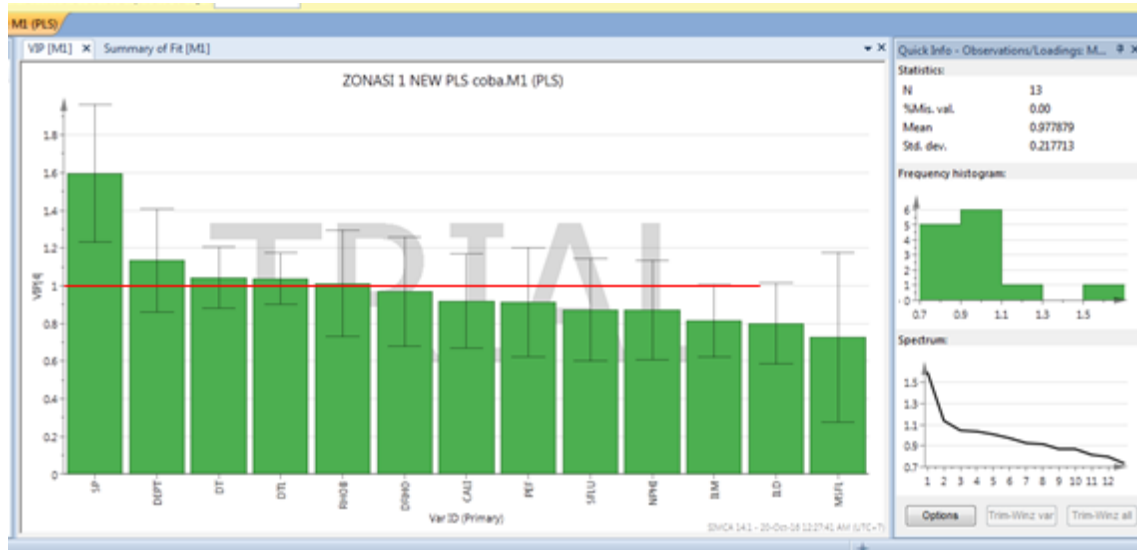
Hasil variabel yang diperoleh dari metode PCA adalah DT, DTL, ILD, ILM, SFLU, oleh karena variabel DT dan DTL mengalami multikolinieritas sesuai uji multikolinieritas di awal, maka kedua variabel ini tidak diproses. Sehingga hanya variabel ILD, ILM dan SFLU.

#### 4.2.3 Hasil PLS

Metode PLS ini bertujuan untuk mengetahui kompleksitas hubungan variabel-variabel. Variabel yang dijadikan output (y) adalah GR. Hal ini dikarenakan log GR memiliki komponen terkecil dalam prosesnya dibandingkan dengan log lain, yaitu sinar Gamma [27]. Sumbu y pada gambar 4.17, 4.18, 4.19, 4.20, 4.21

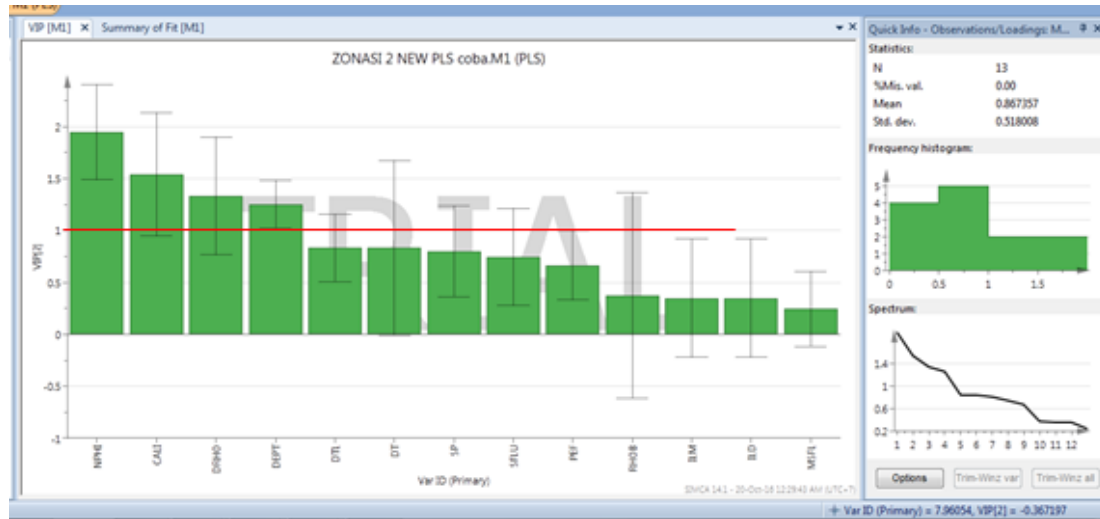
dan 4.22 adalah *Variable Importance for the Projection* (VIP) yang mengartikan besar pengaruh suatu variabel  $x$  terhadap variabel  $y$  dan ini merupakan hasil dari keluaran perangkat lunak SIMCA-P. Nilai VIP lebih dari 1 mengindikasikan variabel  $x$  yang penting, nilai kurang dari 0.5 mengindikasikan variabel  $x$  yang tidak penting dan nilai antara 0.5 – 1 merupakan variabel dalam zona abu-abu yang artinya pengaruh variabel  $x$  tersebut terhadap  $y$  tergantung dari data set yang digunakan [33]. Batasan nilai minimal 1 pada tugas akhir ini untuk menentukan variabel yang berpengaruh dalam penentuan lapisan batuan gamping.





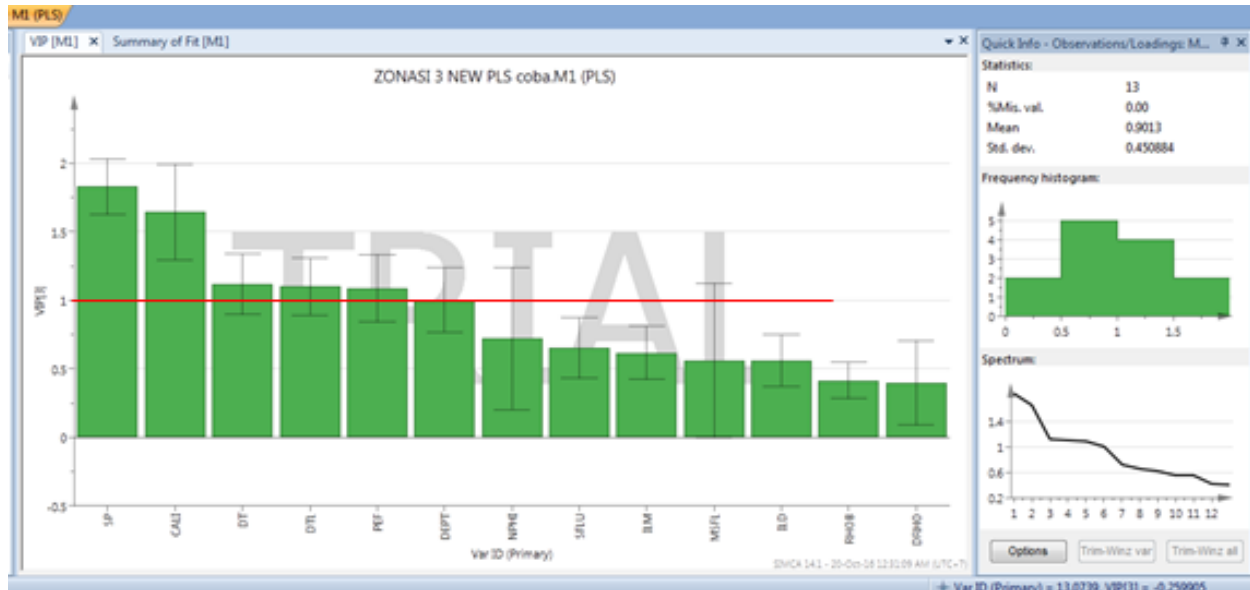
**Gambar 4. 17** PLS Zonasi 1

Hasil PLS dari zonasi 1, didapatkan variabel SP, DEPT, DT, DTL, dan RHOB. Hal ini ditunjukkan dari nilai VIP kelima variabel tersebut berada di atas 1 yang artinya variabel tersebut berpengaruh pada penentuan lapisan batuan gamping. Sumbu Y adalah variabel GR. Hal ini dikarenakan variabel GR memiliki kompleksitas nilai yang terbaik dibandingkan variabel lain.



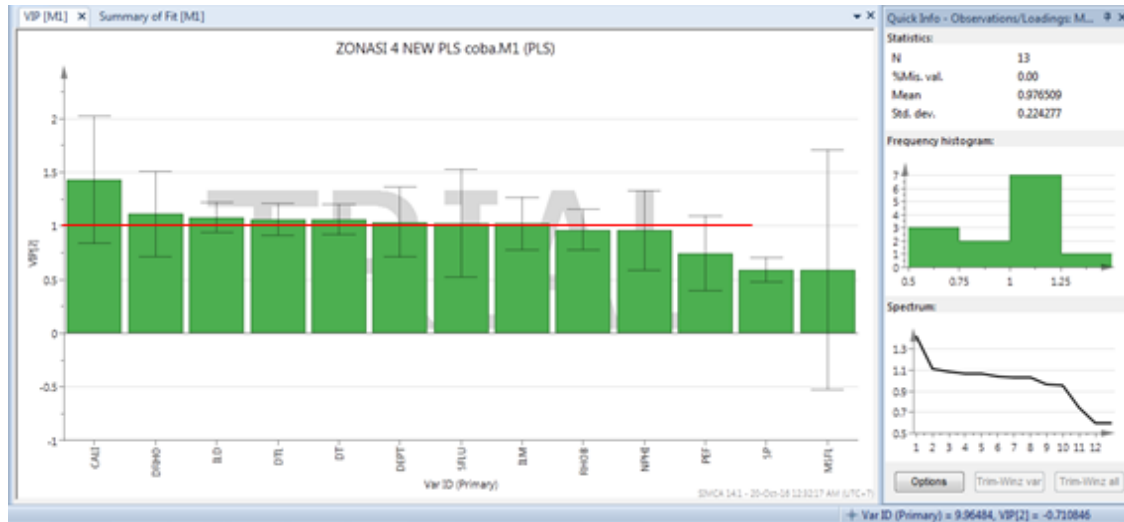
**Gambar 4. 18** PLS Zonasi 2

Hasil PLS dari zonasi 2, didapatkan variabel NPHI, CALI, DRHO dan DEPT. Hal ini ditunjukkan dari nilai VIP keempat variabel tersebut berada di atas 1 yang artinya variabel tersebut berpengaruh pada penentuan lapisan batuan gamping, sedangkan untuk nilai VIP antara 0,5 – 1 menandakan zona abu-abu yang mengartikan variabel ini penting, namun tergantung datanya.



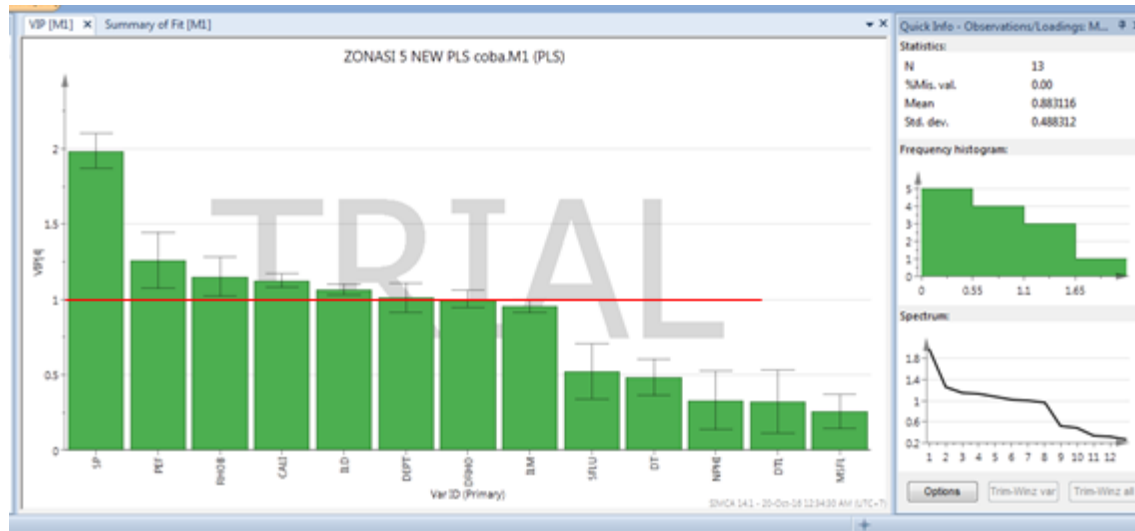
**Gambar 4. 19** PLS Zonasi 3

Hasil PLS dari zonasi 3, didapatkan variabel SP, CALI, DT, DTL, PEF dan DEPT. Hal ini ditunjukkan dari nilai VIP keenam variabel tersebut berada di atas 1 yang artinya variabel tersebut berpengaruh pada penentuan lapisan batuan gamping.



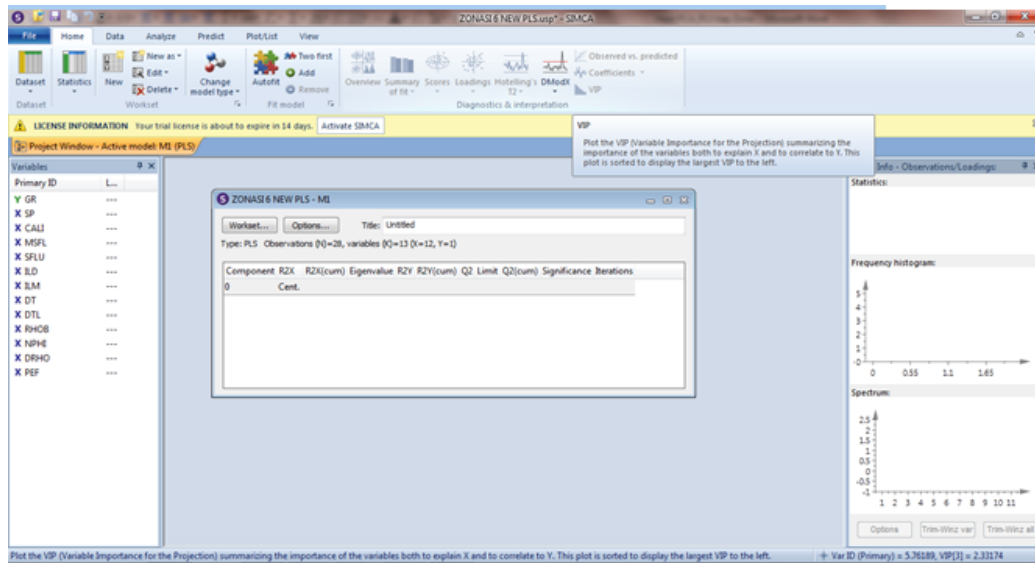
**Gambar 4. 20 PLS Zonasi 4**

Hasil PLS dari zonasi 4, didapatkan variabel CALI, DRHO, ILD, DT, DTL, DEPT SFLU dan ILM. Zonasi ini memiliki variabel yang nilai VIP nya lebih dari 1, sehingga pada zonasi ini terdapat variabel-variabel yang tidak multikolinier.



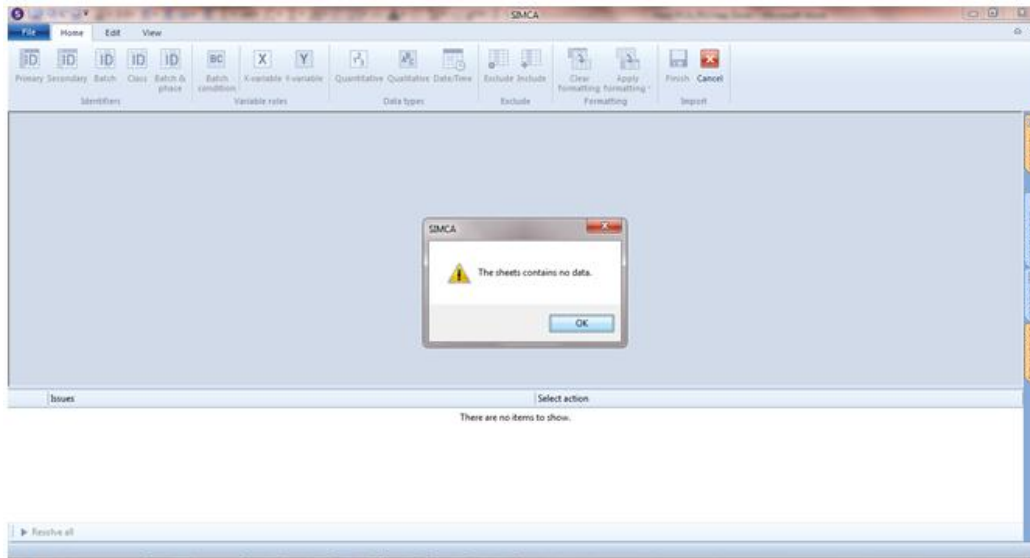
**Gambar 4. 21** PLS Zonasi 5

Hasil PLS dari zonasi 5, didapatkan variabel SP, PEF, RHOB, CALI, ILD, DEPT dan DRHO. Zonasi 5 memiliki 7 variabel yang nilai VIP nya lebih dari 1. Hal ini mengartikan bahwa ketujuh variabel tersebut tidak memiliki keerratan dengan variabel dependent, yaitu GR.



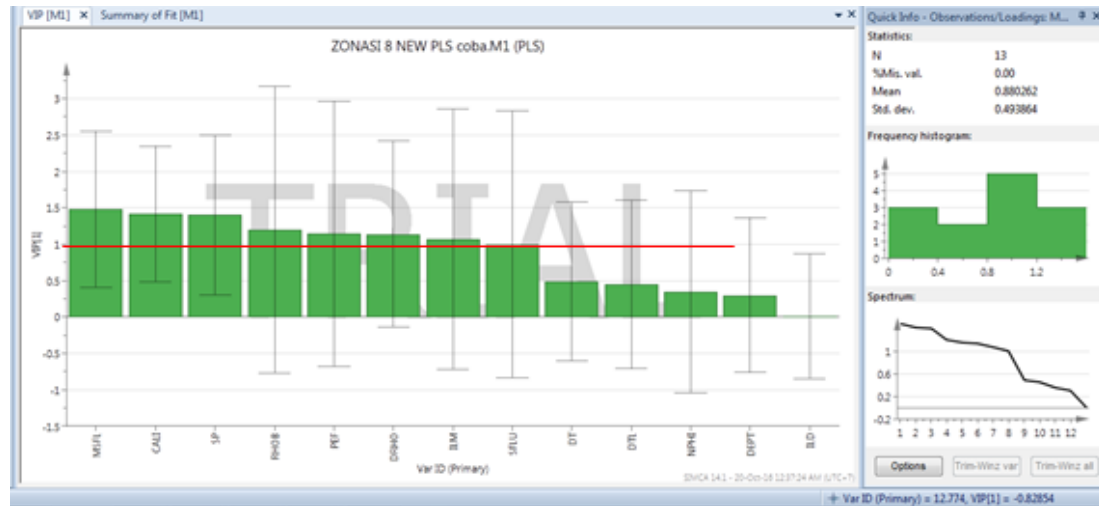
**Gambar 4. 22 PLS Zonasi 6**

Hasil PLS dari zonasi 6, tidak didapatkan variabel karena datanya sedikit, yaitu 28 data. Jumlah data yang sedikit ini mengakibatkan tidak dapat dianalisis lebih dalam oleh *software* karena data-data tersebut tidak dapat mewakili variabel lain.



**Gambar 4. 23** PLS Zonasi 7

Hasil PLS dari zonasi 7, tidak didapatkan variable penting karena data yang memiliki standard deviasi tinggi (fluktuasi data tinggi). Fluktuasi tinggi menyebabkan tidak terdapatnya variabel yang dapat diwakilkan dengan ditunjukkan pada nilai VIP lebih dari 1.



**Gambar 4. 24** PLS Zonasi 8

Hasil PLS dari zonasi 8, didapatkan variabel MSFL, CALI, SP, RHOB, PEF, DRHO, dan ILM. Hal ini ditunjukkan dari nilai VIP ketujuh variabel tersebut berada di atas 1 yang artinya variabel tersebut berpengaruh pada penentuan lapisan batuan gamping.



Hasil dari metode PLS di atas, apabila direkapitulasi dalam bentuk tabel, maka seperti berikut:

**Tabel 4. 3** Hasil Praproses Data PCA-PLS

VARIABEL	JUMLAH KORELASI $\geq 1$	KETERANGAN
SP	4	V
NPHI	1	
CALI	5	V
PEF	3	V (mengalami multikolinier)
DRHO	4	V (mengalami multikolinier)
DT	3	V (mengalami multikolinier)
DTL	3	V (mengalami multikolinier)
ILD	2	V
SFLU	1	
RHOB	3	V
MSFL	1	
ILM	1	
DEPT	5	V

           = Variabel penting namun multikolinieritas

           = Variabel penting dan tidak multikolinieritas

Didapatkan variabel penting dari pra proses data dengan metode PLS, yaitu SP, CALI, ILD, RHOB, DEPT, DT, DTL, PEF dan DRHO, namun oleh karena uji multikolinieritas di awal menunjukkan bahwa variabel DT, DTL, PEF, dan DRHO mengalami multikolinieritas, maka tidak bisa diikutkan untuk proses selanjutnya, sehingga diperoleh variabel didapatkan variabel SP, CALI, ILD, RHOB dan DEPT yang akan diproses selanjutnya.

Hasil uji multikolinieritas setelah diproses dengan metode PCA-PLS dapat dilihat pada gambar 4.25 berikut:

Model		Collinearity Statistics	
		Tolerance	VIF
1	DEPT	.814	1.229
	SP	.489	2.044
	CALI	.870	1.149
	SFLU	.408	2.451

a. Dependent Variable: GR

Model		Collinearity Statistics	
		Tolerance	VIF
1	ILD	.214	4.669
	ILM	.215	4.647
	RHOB	.976	1.025

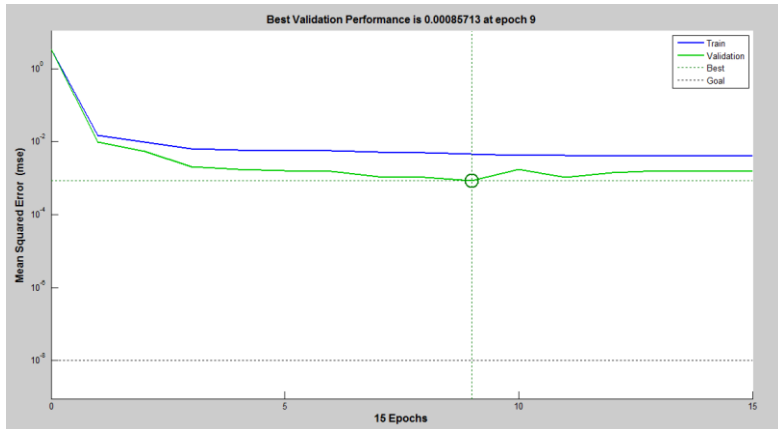
a. Dependent Variable: GR

**Gambar 4. 25** Variabel-variabel yang Tidak Mengalami Multikolinier

Pemrosesan data dengan metode PCA-PLS menghasilkan variabel penting yang tidak multikolinier, yaitu ILD, ILM, SFLU, SP, CALI, RHOB, DEPT, GR, sedangkan MSFL dan NPHI meskipun tidak multikolinier, tidak terlalu penting pada hasil *output* yang akan diprediksi. Didapatkan 8 variabel penting pada sumur latih, yaitu ILD, ILM, SFLU (untuk hasil PCA) dan SP, CALI, ILD, RHOB, DEPT (untuk hasil PLS). Terdapat juga variabel terpenting, yaitu ILD yang ditunjukkan dari hasil metode PCA dan PLS.

#### 4.3. Recovery Data yang Hilang dengan Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan syaraf tiruan pada tugas akhir ini digunakan bertujuan untuk *recovery* data yang hilang. Data yang dimaksud adalah variabel *logging* yang telah diseleksi dengan metode PCA dan PLS. Hasil dari seleksi dengan metode PCA-PLS, didapatkan 8 variabel pada sumur latih yang Struktur yang dipakai pada training JST kali ini adalah *Feed Forward Network* dengan arsitektur *Multilayer Perceptron*. Jumlah *node input* adalah 6 dengan jumlah *output node* 2. Hasil yang diperoleh pada latih JST kali ini adalah sebagai berikut:

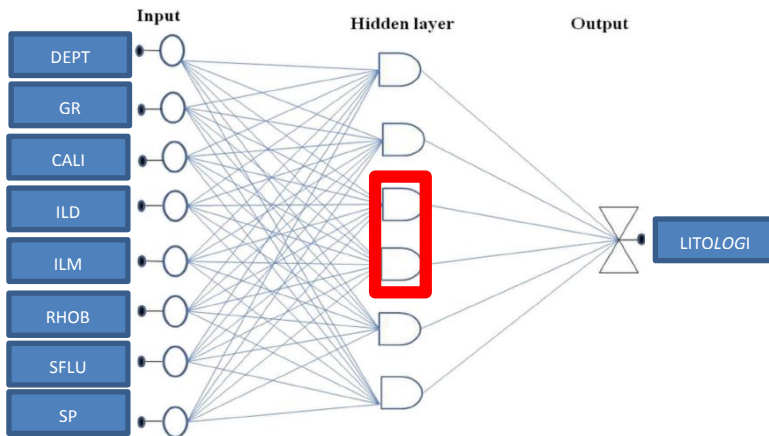


**Gambar 4. 26** Hasil Training Pada Sumur Latih

Pada hasil training seperti gambar 4.26, didapatkan MSE (Mean Square Error) sebesar 0,00085713 dengan RMSE sebesar 0,029278 yang dihasilkan dari 15 epoch. Setelah dilakukan normalisasi variabel atau data yang tidak ada pada sumur uji (SFLU dan SP).

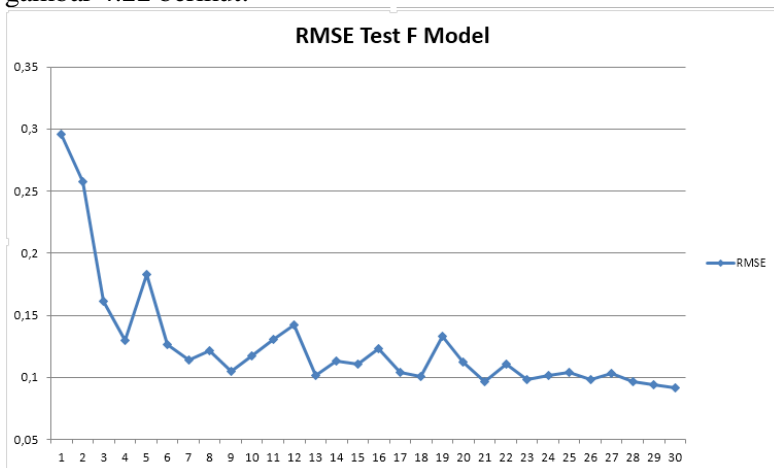
#### 4.4. Prediksi Kedalaman Lapisan Batuan Gamping

Data yang digunakan pada prediksi kedalaman lapisan batuan gamping ini adalah 8 variabel *well* widuri A-1 maxusu di Area Selat Sunda. 8 variabel ini dilatih dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan berarsitektur *Multilayer Perceptron* feed forwardnet. *Output* dari training kali ini adalah litologi batuan. Pada training kali ini, dilakukan dengan menggunakan 1 *input layer* yang terdapat 8 *input node*, 1 *hidden layer* dengan ditraining 1 hingga 30 *hidden node*, dan 1 *output layer* dalam 1 *hidden layer*. Skema pelatihan jaringan syaraf tiruan ini dapat dilihat pada gambar berikut:



**Gambar 4. 27** Arsitektur JST pada Tugas Akhir ini

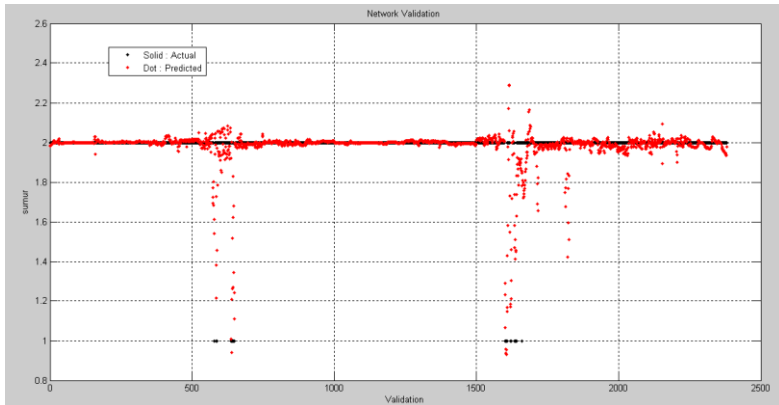
Hasil dari pelatihan jaringan syaraf tiruan pada tugas akhir ini dengan arsitektur sesuai gambar 4.22 adalah didapatkan rmse terkecil, yaitu 0,091744261 pada *hidden node* 30 seperti pada gambar 4.22 berikut:



**Gambar 4. 28** Banyak *Hidden Node* Terhadap RMSE

Hasil prediksi kedalaman lapisan batuan gamping pada tugas akhir kali ini adalah sebagai berikut dengan keterangan grafik

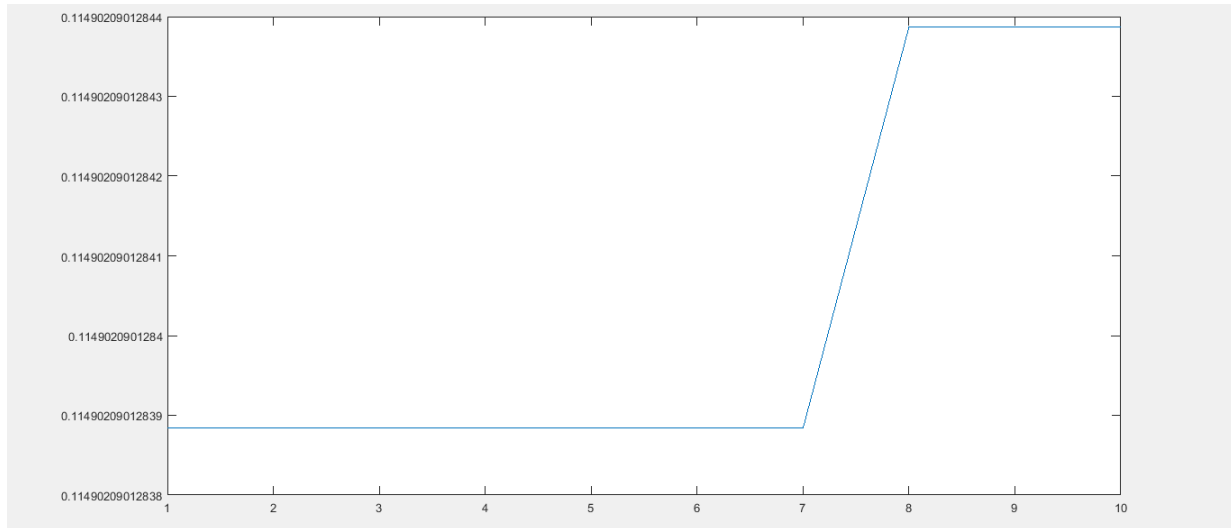
berwarna merah menunjukkan hasil pelatihan dengan JST dan grafik berwarna hitam adalah data aktual:



**Gambar 4. 29** Hasil Prediksi Kedalaman Lapisan Batuan Gamping

#### 4.5. Pencarian Bobot Terbaik antara metode Levenberg Marquardt dengan *Duelist Algorithm*

Bobot yang terbaik didapatkan dengan cara membandingkan jaringan syaraf tiruan berarsitektur *Multilayer Perceptron Feed Forward Net* antara metode update bobot Levenberg Marquardt dan *Duelist Algorithm*. Pada tahap ini, digunakan perbandingan dengan menggunakan 1 *hidden layer* yang terdapat 2 *hidden node*. Hal ini dilandasi dari teori Cybenko yang menyatakan bahwasanya dengan menggunakan feed forward net yang memiliki 1 *hidden layer* dan 1 *hidden node* mampu mendekati hasil perkiraan dengan hasil sebenarnya [34]. Dari hasil training JST dengan 2 *hidden node*, dihasilkan rmse sebesar 0,257464. Sedangkan, dengan metode update bobot menggunakan *Duelist Algorithm* diperoleh nilai RMSE sebesar 0,11 seperti pada gambar berikut:



**Gambar 4. 30** Hasil Optimisasi Bobot dengan 2 *Hidden Node*

Hasil optimisasi bobot dengan menggunakan *Duelist Algorithm* seperti gambar 4.30 mengandung informasi mengenai nilai RMSE terbaik dihasilkan pada generasi ke-8 dengan nilai 0,11490208012644.



$$\text{koefisien korelasi} = \frac{\text{jumlah data prediksi yang sama dengan log image}}{\text{jumlah data pada log image}}$$

**Tabel 4. 4** Hasil uji JST untuk prediksi posisi batu-pasir

Hasil Prediksi Kedalaman Lapisan Batuan Gamping	
Jumlah data Kedalaman	2211
Jumlah data kedalaman yang mengandung batuan gamping berdasarkan <i>Log image</i>	226
Jumlah data prediksi JST pada kedalaman yang mengandung batuan gamping dan tepat sesuai dengan hasil <i>Log image</i>	74
Koefisien korelasi antara prediksi dan validasi lapisan batuan gamping	0,327

Dari hasil prediksi, didapatkan kedalaman lapisan batuan gamping seperti berikut :



**Tabel 4. 5** Hasil Prediksi Kedalaman Lapisan Batuan Gamping

Titik Kedalaman(ft)	Kedalaman (ft)
1276 - 1279	3
1280 - 1284	4
1286 - 1288	2
1296 - 1296,5	0,5
1306 - 1306,5	0,5
1308 - 1310	2
1311,5	1
1313,5 - 1315	1,5
1316 - 1316,5	0,5
1317,5	1
1319 - 1319,5	0,5
1320,5	1
1714	1
1744,5	1
1747,5	1
1760,5	1
1760,5	1
1772	1
3172 -3177,5	5
3190 - 3194,5	4
3199	1
3201,5 - 3203	1,5
3220	1
3229,5	1
3230	1

Pada tabel 4.5, dapat diketahui kedalaman lapisan batuan gamping. Dari tabel 4.4 juga didapatkan lapisan paling tebal terdapat pada titik kedalaman 1280 -1284 ft dengan kedalaman 4 ft

atau 1,2 m. Namun, bila ditinjau lebih lanjut pada tabel 4.4, terdapat lapisan batuan gamping yang jaraknya tidak jauh dari titik 1280 – 1284 ft, yaitu 1276 – 1279 dengan kedalaman 3 ft dan 1286 – 1288 dengan kedalaman 2 ft. Maka, hal ini dapat diklasifikasikan menjadi 1 titik kedalaman, yaitu 1276 – 1288 dengan kedalaman 9 ft. Dari titik kedalaman tersebut, didapatkan sumur minyak potensial pada lapisan batuan gamping di Area Selat Sunda adalah pada kedalaman 1276 – 1288 ft dengan kedalaman 12 ft atau 3,6576 m. Di sisi lain pada kedalaman 12 ft, batuan gamping yang dikategorikan sebagai batuan karbonat mampu menampung minyak bumi hingga 50% [5].

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Terdapat beberapa kesimpulan pada tugas akhir ini, yaitu:

- a. Ketinggian lapisan batuan gamping yang didapatkan dari pemodelan dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan berarsitektur *Multilayer Perceptron feed forward net* dan dengan *hidden node* 30 terhadap 1 *hidden layer* menghasilkan rmse sebesar 0.091744264.
- b. *Update* bobot dengan menggunakan *duelist algorithm* lebih baik daripada menggunakan Levenberg marquardt. Hal ini terbukti dari nilai RMSE terkecil yang dihasilkan dari training menggunakan JST dengan aritektur *Multilayer Perceptron feed forward net* disertai dengan 2 *hidden node* dalam 1 *hidden layer*, yaitu 0,11 untuk *duelist algorithm* dan 0,257464 oleh Levenberg Marquardt.
- c. Pelatihan JST Levenberg Marquardt menghasilkan koefisien korelasi sebesar 0,327 yang didapatkan dari perbandingan antara hasil prediksi kedalaman lapisan batuan gamping dengan hasil kedalaman lapisan batuan gamping aktual.
- d. Hasil titik terdalam lapisan batuan gamping pada training JST ini adalah 1276 -1288 ft dengan kedalaman 12 ft atau 3,6576 m yang diperkirakan terdapat 50% minyak bumi di lapisan batuan gamping pada titik kedalaman tersebut.

#### **5.2. Saran**

Saran yang diajukan terkait dengan penelitian kali ini antara lain:

- a. Sebaiknya pengembangan untuk tugas akhir selanjutnya dengan tema seperti tugas akhir ini, dilakukan pada area sumur yang berbeda.
- b. Sebaiknya dilakukan perbandingan antara *update* bobot menggunakan LM dengan 2 atau lebih algoritma yang bekerja secara stokastik.

**Halaman ini sengaja dikosongkan**

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. P. Muhrami, Makhranii och S.Aswad, ""Interpretasi Petrofisika Sumur Log Untuk Menentukan Zona Hidrokarbon Sumur 'R' Cekungan Sumatera Selatan", 2012.
- [2] F. N. Amoli, "Evaluating the potential of low-salinity water flooding to enhance the oil recovery in," University of Stavanger Petroleum Engineering Department, Stavanger, 2011.
- [3] Koesoemadinata, 1987.
- [4] I. A. T. P. S. M. U. I. Indonesia, FIRS BOOKLET "EKSPLORASI", Jakarta: Anonim, 2014.
- [5] S. R. A. Matroushi, "Intrinsic Potential," *Middle East and Asia Reservoir Review*, pp. 1-23, 2003.
- [6] A. Abduslam, "Reservoir Characterization and Enhanced Oil Recovery Potential in Middle Devonian Dundee Limestone Reservoirs, Michigan Basin, USA," Western Michigan University, Michigan, 2012.
- [7] S. Nandi, Handouts Geologi Lingkungan : Minyak Bumi dan Gas, Universitas Pendidikan indonesia, 2006.
- [8] F. T. Corporation, "Oil Well Logging," Frontier Technology Company, [Online]. Available: <http://www.frontier-cf252.com/oil-well-logging.html>. [Använd 12 January 2017].
- [9] J. Gendur, General Introduction to Well Logging, Schlumberger, 2011.
- [10] M. Rider, The Geological Interpretation of Well Logs 2nd Edition, Scotland: Rider-French Consulting Limited, 2011.
- [11] Schlumberger, Log Interpretation Chart, 2013.
- [12] A. Abdullah, "Resistivity Logging," 17 February 2009. [Online]. Available:

- <http://ensiklopediseismik.blogspot.co.id/2009/02/resistivity-logging.html>. [Använd 12 January 2017].
- [13] R. F. Rizki, "Prediksi Posisi Kedalaman Batupasir (Sandstone) Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan dengan Praproses Data PCA-PLS Berdasarkan Atribut Data Well Logging," Surabaya, 2016.
- [14] Halliburton, "Wireline," 11 Juli 2007. [Online]. Available: [www.halliburton.com/wireline](http://www.halliburton.com/wireline). [Använd 8 January 2017].
- [15] I. -. USIO. [Online]. [Använd 8 January 2017].
- [16] OpenEI, "Exploration Technique : Spontaneous Potential Well Log," [Online]. Available: [http://en.openei.org/wiki/Spontaneous\\_Potential\\_Well\\_Log](http://en.openei.org/wiki/Spontaneous_Potential_Well_Log). [Använd 17 January 2017].
- [17] B. University, "Uji Asumsi Klasik (Uji Multikolinearitas)," 20 November 2015. [Online]. Available: <http://sbm.binus.ac.id/2015/11/20/uji-asumsi-klasik-uji-multikolinearitas/>. [Använd 16 January 2017].
- [18] A. Hidayat, "Statistikian," 2016. [Online]. Available: <http://www.statistikian.com/2016/11/multikolinearitas.html>. [Använd 16 January 2017].
- [19] T. I. Hardini. [Online]. Available: [file.upi.edu/Direktori/FPBS/JUR.\\_PEND.\\_BAHASA\\_PERANCIS/196912231993022-TRI\\_INDRI\\_HARDINI/REGRESI.pdf](http://file.upi.edu/Direktori/FPBS/JUR._PEND._BAHASA_PERANCIS/196912231993022-TRI_INDRI_HARDINI/REGRESI.pdf). [Använd 16 January 2017].
- [20] G. Vining, "Introduction to linear regression analysis," New Jersey, 2012.
- [21] C. Leng och H. Wang, "On General Adaptive Sparse Principal Component Analysis," 2008.
- [22] Grag, "Comparison of regression analysis, Artificial Neural Network and genetic programming in Handling the multicollinearity problem," Singapore, 2012.
- [23] Dell, "Partial least squares (PLS) statistic text book," 2015.

- [24] Russel, "The application of multivariate statistics and neural networks to the prediction of reservoir parameters using seismic attributes,," 2004.
- [25] L. Fausset, Fundamentals of Neural Network.
- [26] Anonym, "Limestone," [Online]. Available: <http://www.sandatlas.org/limestone/>. [Använd 27 Agustus 2016].
- [27] J. Schoen, Properties of Rocks, 2011.
- [28] H. Y. Fibrianto, "Duelist Algorithm : An Algorithm Inspired by How Duelist Improve Their Capabilities in a Duel," Surabaya, 2015.
- [29] K. S. D. Mineral, "Navigation Selat Sunda Utara Area," 2016.
- [30] Fadli, "Dawai Simfoni," [Online]. Available: <https://dawaisimfoni.wordpress.com/karya-tulis-ilmiah-2/metodologi-penelitian/pengujian-asumsi-klasik-model-regresi/>. [Använd 16 January 2017].
- [31] Z. Bassiouni, Theory, Measurement, and Interpretation of Well Logs, USA, 1994.
- [32] R. Jannah, "Diskriminasi Temu Lawak, Temu Mangga, Temu Hitam dan Kunyit Menggunakan Spektrum Ultraviolet-Tampak dan Kemometrika," Departemen Kimia IPB, Bogor, 2014.
- [33] SIMCA-P, "SIMCA-P Help," 2016.
- [34] Cybenko, Artificial Neural Network Multilayer Perceptron.

**Halaman ini sengaja dikosongkan**



## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Koding JST *Multilayer Perceptron*

```
clc
close all;
clear all;
clc
disp('-----')
disp('  TRAINING IN PROGRESS  ')
disp('-----')
A = xlsread('D:\DOKUMENKU\ITS\TAHUN KE-4\TA
DAPAT A\PROGRESS\FIX KERJAAN\FIX
KERJAAN\trainingjst.xlsx','widuri2');
% Panggil data
[rowTr,colTr] = size(A);

ut = A(1:7199,1:8)'; %input di transpose
yt = A(1:7199,10)'; % output di transpose

uv = A(7200:9406,1:8)'; %input di transpose
yv = A(7200:9406,10)'; %output di transpose

us = A(1:9406,1:8)'; %input di transpose
ys = A(1:9406,10)'; %output ditranspose

[rowv,colv] = size(uv);
[rowu,colu] = size(ut);
[rawy,coly] = size(yt);
Min = -ones(rowu,1);
Max = ones(rowu,1);
MM = [Min Max];

for i=1:rowu
    maxusa(i)=max(us(i,:)); %change the range
    minusa(i)=min(us(i,:));
end
```

```

for i = 1:rowy
    maxys(i)=max(ys(i,:));
    minys(i)=min(ys(i,:));
end

minmaxus = [maxusa;minusa];
minmaxys = [maxys;minys];

for i = 1:rowy
    yt(i,:)=((2/(max(ys(i,:))-
min(ys(i,:))))*(yt(i,:)-min(ys(i,:))))-1;
    yv(i,:)=((2/(max(ys(i,:))-
min(ys(i,:))))*(yv(i,:)-min(ys(i,:))))-1;
end

for j = 1:colu
    for i=1:rowu
        ut(i,j)=((2/(maxusa(i)-
minusa(i))))*(ut(i,j)-minusa(i)))-1;
    end
end

for j = 1:colv
    for i=1:rowv
        uv(i,j)=((2/(maxusa(i)-
minusa(i))))*(uv(i,j)-minusa(i)))-1;
    end
end

ut1=ut(1,:);
ut2=ut(2,:);
ut3=ut(3,:);
ut4=ut(4,:);
ut5=ut(5,:);
ut6=ut(6,:);
ut7=ut(7,:);
ut8=ut(8,:);

```

```

yt1 = yt(1,:)';

uv1=uv(1,:)';
uv2=uv(2,:)';
uv3=uv(3,:)';
uv4=uv(4,:)';
uv5=uv(5,:)';
uv6=uv(6,:)';
uv7=uv(7,:)';
uv8=uv(8,:)';

yv1 = yv(1,:)';

% history length for MIMO identification
hist = ones(1,8);

[n_rows,n_col] = size(ut1);

% setting training data matrix
data_latih = zeros(n_rows-1,sum(hist));

for i = 1:hist(1),
    data_latih(:,i) = [zeros(hist(1)-
i,1);ut1(2:n_rows-hist(1)+i)];
end

for j = 1:hist(2),
    data_latih(:,sum(hist(1))+j) =
[zeros(hist(2)-j,1);ut2(2:n_rows-hist(2)+j)];
end

for k = 1:hist(3),
    data_latih(:,sum(hist(1:2))+k) =
[zeros(hist(3)-k,1);ut3(2:n_rows-hist(3)+k)];
end
for l = 1:hist(4),
    data_latih(:,sum(hist(1:3))+l) =
[zeros(hist(4)-l,1);ut4(2:n_rows-hist(4)+l)];

```

```

end

for m = 1:hist(5),
    data_latih(:,sum(hist(1:4))+m) =
    [zeros(hist(5)-m,1);ut5(2:n_rows-hist(5)+m)];
end

for n = 1:hist(6),
    data_latih(:,sum(hist(1:5))+n) =
    [zeros(hist(6)-n,1);ut6(2:n_rows-hist(6)+n)];
end

for o = 1:hist(7),
    data_latih(:,sum(hist(1:6))+o) =
    [zeros(hist(7)-o,1);ut7(2:n_rows-hist(7)+o)];
end

for p = 1:hist(8),
    data_latih(:,sum(hist(1:7))+p) =
    [zeros(hist(8)-p,1);ut8(2:n_rows-hist(8)+p)];
end

PHI = data_latih';

% Construction of output matrix
Y = zeros(n_rows-1,1);
Y(:,1) = yt1(2:end);

Ys = Y';

%coba
% Construction of networks structure
NetDef = [];
netdef1 = 'H';
netdef2 = 'L';
L = [netdef1;netdef2];
Data_RMSE = [];
trparms = settrain;

```

```

for x=1:10;
    hn = x
    close all;
    Ys = Y'
    NetDef = [NetDef L]
    netdef1 = 'H';
    netdef2 = '-';
    L = [netdef1;netdef2];

    % Construction of networks structure

    trparms = settrain;

    [W1,W2,PI_vec,yhat] =
marq_rev(NetDef,[],[],PHI,Ys,trparms);

    % RMSE calculation

    for i = 1:1

RMSE_train(i)=r_m_s_e(yhat(i,:),Ys(i,:));
    end

    for i = 1:1
        Ys(i,:)=(((max(ys(i,:))-
min(ys(i,:))))*(Ys(i,:)+1)/2)+min(ys(i,:));
        %Descaling
        Yhat(i,:)=(((max(ys(i,:))-
min(ys(i,:))))*(yhat(i,:)+1)/2)+min(ys(i,:));
        %Descaling
        RMSE_train_f(i) =
r_m_s_e(Ys(i,:),Yhat(i,:));

    end

    %Drawing
    for i = 1

```

```

        figure(i)
        plot(Ys(i,:), 'b.', 'LineWidth', 2);
        hold on
        plot(Yhat(i,:), 'r.', 'LineWidth', 1);
        grid
        title('Network Training Pembeduran');
        legend('Solid : Actual', 'Dot : Predicted
', 'Location', 'Best');
        ylabel('Prediksi Kedalaman Sumur');
        xlabel('Trained');
    end

    save WT_Cat NetDef W1 W2 maxys minys maxusa
    minusa
        xlswrite('D:\DOKUMENKU\ITS\TAHUN KE-4\TA
DAPAT A\PROGRESS\FIX KERJAAN\FIX
KERJAAN\Taku3.xls', W1, 'W1')
        xlswrite('D:\DOKUMENKU\ITS\TAHUN KE-4\TA
DAPAT A\PROGRESS\FIX KERJAAN\FIX
KERJAAN\Taku3.xls', W2, 'W2')

    % Tahap Validasi
    disp('-----')
    disp(' VALIDATION IN PROGRESS ')
    disp('-----')

    [n_rows, n_col] = size(uv1);
    data_uji = zeros(n_rows-1, sum(hist));

    for i = 1:hist(1),
        data_uji(:, i) = [zeros(hist(1)-
i, 1); uv1(2:n_rows-hist(1)+i)];
    end

    for j = 1:hist(2),
        data_uji(:, sum(hist(1))+j) =
[zeros(hist(2)-j, 1); uv2(2:n_rows-hist(2)+j)];
    end

    for k = 1:hist(3),

```

```

        data_uji(:,sum(hist(1:2))+k) =
[zeros(hist(3)-k,1);uv3(2:n_rows-hist(3)+k)];
    end
    for l = 1:hist(4),
        data_uji(:,sum(hist(1:3))+l) =
[zeros(hist(4)-l,1);uv4(2:n_rows-hist(4)+l)];
    end

    for m = 1:hist(5),
        data_uji(:,sum(hist(1:4))+m) =
[zeros(hist(5)-m,1);uv5(2:n_rows-hist(5)+m)];
    end

    for n = 1:hist(6),
        data_uji(:,sum(hist(1:5))+n) =
[zeros(hist(6)-n,1);uv6(2:n_rows-hist(6)+n)];
    end

    for o = 1:hist(7),
        data_uji(:,sum(hist(1:6))+o) =
[zeros(hist(7)-o,1);uv7(2:n_rows-hist(7)+o)];
    end

    for p = 1:hist(8),
        data_uji(:,sum(hist(1:7))+p) =
[zeros(hist(8)-p,1);uv8(2:n_rows-hist(8)+p)];
    end

    PHI_uji = data_uji';

    Y_uji = zeros(n_rows-1,1);
    Y_uji(:,1) = yv1(2:end);

    Ys_uji = Y_uji';

[y2_uji]=marq_rev_uji(NetDef,W1,W2,PHI_uji,Ys_uj
i);

```

```

    % RMSE calculation
    for i = 1:1
        RMSE_test(i)=
r_m_s_e(Ys_uji(i,:),y2_uji(i,:))
    end

    for i = 1:1
        Ys_test(i,:)=(((max(ys(i,:))-
min(ys(i,:))))*(Ys_uji(i,:)+1)/2)+min(ys(i,:));
%Descaling
        Yhat_test(i,:)=(((max(ys(i,:))-
min(ys(i,:))))*(y2_uji(i,:)+1)/2)+min(ys(i,:));
%Descaling
        %m = Yhat_test(i,:);
        RMSE_test_f(i)=
r_m_s_e(Ys_test(i,:),Yhat_test(i,:))

        %save Yhat_test(i,:)
    end

    %xlswrite('D:\DOKUMENKU\ITS\TAHUN KE-4\TA
DAPAT A\PROGRESS\TAku.xls', Yhat_test(i,:),
'Yhat_test_transpose')

%xlswrite('D:\DOKUMENKU\ITS\TAHUN KE-4\TA DAPAT
A\PROGRESS\TAku.xls', Yhat_test, 'Yhat_test')
%xlswrite('D:\DOKUMENKU\ITS\TAHUN KE-4\TA DAPAT
A\PROGRESS\TAku.xls', totalerror(i,:),
'totalerror')
%xlswrite('D:\DOKUMENKU\ITS\TAHUN KE-4\TA DAPAT
A\PROGRESS\TAku.xls', RMSE_test_f ,
'RMSE_test_f')

%Drawing
for i = 1
    figure(i+3)
    plot(Ys_test(i,:), 'k.', 'LineWidth', 2);

```



```

        hold on
        plot(Yhat_test(i,:), 'r.', 'LineWidth', 1);
        grid
        title('Network Validation ');
        legend('Solid : Actual', 'Dot : Predicted
', 'Location', 'Best');
        ylabel('sumur');
        xlabel('Validation');

%=====
=====

        RMSE_iterasi (i,:) = [RMSE_train RMSE_test
RMSE_train_f RMSE_test_f ];
        Data_RMSE = [Data_RMSE; RMSE_iterasi];

    end;

        xlswrite('D:\DOKUMENKU\ITS\TAHUN KE-4\TA
DAPAT A\PROGRESS\FIX KERJAAN\FIX
KERJAAN\Taku3.xls' , RMSE_iterasi, 'RMSE iterasi
2')
        xlswrite('D:\DOKUMENKU\ITS\TAHUN KE-4\TA
DAPAT A\PROGRESS\FIX KERJAAN\FIX
KERJAAN\Taku3.xls' , Data_RMSE, 'Data RMSE')
        xlswrite('D:\DOKUMENKU\ITS\TAHUN KE-4\TA
DAPAT A\PROGRESS\FIX KERJAAN\FIX
KERJAAN\Taku3.xls' , Yhat_test',
'Yhat_test_transpose')

    end;
% save E1101_RMSEfind RMSE_train RMSE_test
RMSE_train_f RMSE_test_f

```

## Lampiran 2. Koding *Duelist Algorithm*

```

clear all;
close all;
clc;

Hasilmax=[];
fitnessvector =[];
XDueler=[];

minmax = 'max';           % 'max' Maximum or 'min'
Minimum
Population = 10;          % Total number of
duelists in a population
MaxGeneration = 10;       % Maximum
Generation/Iteration
FightCapabilities = 50;   % Fighting Capabilities
Champion = 0.1;           % Champion Percentage
ProbLearning = 0.8;       % Learning Probability
ProbInnovate = 0.1;       % Innovate Probability
Luckcoeff = 0.01;        % Luck Coefficient
LuckA = 0;                % First Duelist Luck
Coefficient
LuckB = 0;                % Second Duelist Luck
Coefficient
Duelist = [];
Duelisttemp1 = [];
Duelisttemp2 = [];
Duelisttemp3 = [];
DuelistInteger = [];
Datafit = [];
Data1fit = [];
DataSort = [];
ElitDuelist = [];
HMI = [];
DataFDAfit = [];
maxall = [];
Dimension = 21;

```

```

UB = [41 -14 -2 11 20 -5 178 35 -178 166 65 -70
-64 -21 -71 53 70 66 -0.8 0.11 -0.03];
% Upper Bounds
LB = [39 -16 -4 9 19 -7 176 33 -180 164 63 -72 -
66 -23 -73 51 68 64 -1.0 0.09 -0.05];
% Lower Bounds

%40.37624365      -15.61505177      -3.101087107
10.32236983 19.22447462 -6.645491068
177.507265 34.23620802 -179.8376711
%165.9706239      64.12291593 -72.15917091      -
65.73446223      -22.68920189      -72.29578204
52.77790879 69.78185436 65.96347836
%-0.9453597 0.10410234 -0.040486585

validasi = xlsread('D:\DOKUMENKU\ITS\TAHUN KE-
4\TA DAPAT A\PROGRESS\FIX KERJAAN\FIX
KERJAAN\trainingjst.xlsx','widuri','I1:I9406');
% Panggil data

%W1 = xlsread('D:\FIX
KERJAAN\TAku.xls','W1','A1:I30');
%W2 = xlsread('D:\FIX
KERJAAN\TAku.xls','W2','A1:AE1');
variabelinput = xlsread('D:\DOKUMENKU\ITS\TAHUN
KE-4\TA DAPAT A\PROGRESS\FIX KERJAAN\FIX
KERJAAN\trainingjst.xlsx','widuri2','A1:I9406');
%TERMASUK BIAS PADA HIDDEN LAYER

for rc = 1:Dimension
    RangeB(rc) = UB(rc) - LB(rc);
end

if (strcmp(minmax,'max'))
    mm = 1;
else

```

```

        mm = -1;
end

%====Registراس Duelist====
Duelist =
floor(rand(Population, (FightCapabilities*Dimensi
on))+rand()));

%====Array to Int====
for i = 1:Dimension
    for j = 1:Population
        Duelisttemp1 =
Duelist(j, ((i*FightCapabilities-
FightCapabilities)+1):(i*FightCapabilities));
        Duelisttemp2 = num2str(Duelisttemp1);
        Duelisttemp3 =
Duelisttemp2(~isspace(Duelisttemp2));
        DuelistInteger(j,i) =
str2num(Duelisttemp3);
        %DuelistInteger(j,i) =
bi2de(Duelist(j, ((i*FightCapabilities-
FightCapabilities)+1):(i*FightCapabilities)), 'left-msb');

    end
end

Datafit = [];

disp('DA Processing');
for Generasi = 1:MaxGeneration

    %====DA Processing====
    if (Generasi > 1)
        clc
        Generasi

        %====sortir====

```

```

        sort_fit = sortrows(sort,
(FightCapabilities*Dimension) + 1);
        Duelist1 =
sort_fit(randperm(size(sort_fit,1)),:);
        Remain = sort_fit(round((1-
Champion)*Population) + 1:Population, :);
        Winner = [];

        X = Duelist1;
        N = size(X,1);

        if mod(N,2) == 0
            M=N;
        else
            M=N-1;
        end

        for i=1:M
            fitnessvector(i) =
X(i, (FightCapabilities*Dimension) + 1);
        end

        fitnessvector = fitnessvector';

        %====Setting Duelist====
        for i=1:M
            XDueler = X;
        end

        %====Setting Duel Arena====

        for i=1:2:M-1
            LuckA = (fitnessvector(i)*(Luckcoeff
+ rand*2*Luckcoeff));
            LuckB =
(fitnessvector(i+1)*(Luckcoeff +
rand*2*Luckcoeff));

```

```

        if fitnessvector(i)+LuckA <=
fitnessvector(i+1)+LuckB
            Winner(i) = 0;
            Winner(i+1) = 1;
        elseif fitnessvector(i)+LuckA >
fitnessvector(i+1)+LuckB
            Winner(i) = 1;
            Winner(i+1) = 0;
        end
    end

%=====Skill Transfer + Innovate=====

[M,d] = size(XDueler);
XAftermatch = XDueler;
for i=1:2:M-1
    if (Winner(i)==1)
        p = ceil(((d/2)-
1)*rand*ProbLearning);
        str = ceil(p+1+(((d/2)-2-
p)*rand*ProbLearning));
        XAftermatch(i,:) =
[XDueler(i,1:p) XDueler(i+1,p+1:str)
XDueler(i,str+1:d)];
        for j=1:d
            p = rand;
            if (p<=ProbInnovate)
                XAftermatch(i+1,j) =
abs(floor(rand()*9));
            end
        end
    else
        p = ceil(((d/2)-
1)*rand*ProbLearning);
        str = ceil(p+1+(((d/2)-2-
p)*rand*ProbLearning));
        XAftermatch(i+1,:) =
[XDueler(i+1,1:p) XDueler(i,p+1:str)
XDueler(i+1,str+1:d)];
    end
end

```

```

        XAftermatch(i,:) = XDueler(i,:);
        for j=1:d
            p = rand;
            if (p<=ProbInnovate)
                XAftermatch(i,j) =
abs(floor(rand()*9));
            end
        end
    end
end

Xnew = XAftermatch;

    sort_fitnew = sortrows(Xnew,
(FightCapabilities*Dimension) + 1);
    Duelistnew =
sort_fitnew(round((Champion)*Population)+1:Population, :);
    Duelist =
[Duelistnew(:,1:(FightCapabilities*Dimension));R
emain(:,1:(FightCapabilities*Dimension))];

end;
ElitDuelist = [ElitDuelist; Duelist];

for i = 1:Dimension
    for j = 1:Population
        Duelisttemp1 =
Duelist(j, ((i*FightCapabilities-
FightCapabilities)+1):(i*FightCapabilities));
        Duelisttemp2 =
num2str(Duelisttemp1);
        Duelisttemp3 =
Duelisttemp2(~isspace(Duelisttemp2));

        DuelistInteger(j,i) =
str2num(Duelisttemp3);
    end
end
end

```

```

Datafit = [];

for k = 1:Population

    for ii=1:Dimension %jumlah dimensi =9 9
3
        X0(ii,k) =
        (((DuelistInteger(k,ii)+1)/(10^FightCapabilities
        ))*RangeB(ii))+LB(ii);
        %Xtrans = X0(ii,k)';
        end

        %=====objective function=====

        a = variabelinput(1:9406,1)*X0(1,k);
        b = variabelinput(1:9406,2)*X0(2,k);
        c = variabelinput(1:9406,3)*X0(3,k);
        d = variabelinput(1:9406,4)*X0(4,k);
        e = variabelinput(1:9406,5)*X0(5,k);
        f = variabelinput(1:9406,6)*X0(6,k);
        g = variabelinput(1:9406,7)*X0(7,k);
        h = variabelinput(1:9406,8)*X0(8,k);
        i = ones(9406,1)*X0(9,k);

        hn1 = [a b c d e f g h i];

        a2 = variabelinput(1:9406,1)*X0(10,k);
        b2 = variabelinput(1:9406,2)*X0(11,k);
        c2 = variabelinput(1:9406,3)*X0(12,k);
        d2 = variabelinput(1:9406,4)*X0(13,k);
        e2 = variabelinput(1:9406,5)*X0(14,k);
        f2 = variabelinput(1:9406,6)*X0(15,k);
        g2 = variabelinput(1:9406,7)*X0(16,k);
        h2 = variabelinput(1:9406,8)*X0(17,k);

```



```

i2 = ones(9406,1)*X0(18,k); %bias

hn2 = [a2 b2 c2 d2 e2 f2 g2 h2 i2];
%hidden node 2

for i = 1:9406;
    nilaihn1(i,1) = sum(hn1(i,1:9));
end;

for i = 1:9406;
    nilaihn2(i,1) = sum(hn2(i,1:9));
end;

%FUNGSI AKTIVASI HN

%W2optimasi (1,1:31)= W2*W2opt;

fhn1 = tanh(nilaihn1)*X0(19,k);
fhn2 = tanh(nilaihn2)*X0(20,k);
fhn3 = ones(9406,1)*X0(21,k); %bias pada
output layer

matrix =[fhn1,fhn2,fhn3];

for i = 1:9406;
    nilaion(i,1)= sum(matrix(i,1:3));
end;

%output = nilaion';

%LAYER OUTPUT FUNGSI AKTIVASI

yprediksi = tanh(nilaion);

%objective function
pengurangan = yprediksi - validasi;
pengurangankuadrat = pengurangan.^2;
RMSE = (sum(pengurangankuadrat))/9406;

```

```

        fitness = 1/RMSE;
        Datafit = [Datafit; fitness];

    %end

        xlsxwrite('D:\DOKUMENKU\ITS\TAHUN KE-4\TA
DAPAT A\PROGRESS\FIX KERJAAN\FIX
KERJAAN\hasilduelist2.xls',pengurangankuadrat,'p
engurangankuadrat');
        xlsxwrite('D:\DOKUMENKU\ITS\TAHUN KE-4\TA
DAPAT A\PROGRESS\FIX KERJAAN\FIX
KERJAAN\hasilduelist2.xls',RMSE,'RMSE');
    end

    DataIfit = Datafit;
    [fitnessmax, nmax] = max(DataIfit);
    DataFDAfit = [DataFDAfit;fitnessmax];
    DuelistMax = Duelist(nmax,:);
    DuelistMaxLast = DuelistMax;
    Hasilmax = DuelistMax;
    sort = [Duelist Datafit];
    maxall = [maxall; sort];

    for i = 1:Dimension

        HasilMaxtemp1 =
        Hasilmax(1,(((i*FightCapabilities)-
FightCapabilities)+1):(i*FightCapabilities));
        HasilMaxtemp2 = num2str(HasilMaxtemp1);
        HasilMaxtemp3 =
        HasilMaxtemp2(~isspace(HasilMaxtemp2));
        HasilMaxInt(1,i) =
        str2num(HasilMaxtemp3);
    end
    HMIit = [];
    for ij=1:Dimension

```

```

        HMIit = [HMIit, HasilMaxInt(1,ij)];
    end
    HMI = [HMI; HMIit];
end

figure(115)
plot(DataFDAfit, 'LineWidth', 2);

%plot(DataFDAfit);
%hold on

[fitnessmaxf, nmaxf] = max(DataFDAfit);
for ik=1:Dimension
    X0maxfix(ik) =
        (((HMI(nmaxf,ik)+1)/(10^FightCapabilities))*Rang
        eB(ik))+LB(ik);
end

X0maxfix
[fitnessmaxf, nmaxf] = max(DataFDAfit)

```

**Halaman ini sengaja dikosongkan**

**BIODATA PENULIS**  
**VERDANA MARCHIAN ILHAM PUTRA AL AMIN**



Penulis menempuh pendidikan formal di SDN Manukan Kulon V/542 (2001 – 2007), SMPN 12 Surabaya (2007 – 2010), Sekolah Menengah Analis Negeri 2 Surabaya (2010 – 2013), dan Teknik Fisika ITS (2013 – sekarang).

Kegiatan penulis di kampus mulai dari menjadi staff Departemen Internal HMTF ITS 14/15 di tahun kedua, kemudian di tahun ketiga menjadi Wakil Ketua II Departemen Internal HMTF ITS 2015/2016 sekaligus menjadi staff Divisi

*Human Resource Development* di Laboratorium Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol. Di tahun keempat, penulis menjadi Kepala Divisi *Human Resource Development* di Laboratorium Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol

Penulis dapat dihubungi melalui nomor telepon +628123 1300 274 ataupun melalui email [verdanamarchian1922@gmail.com](mailto:verdanamarchian1922@gmail.com)